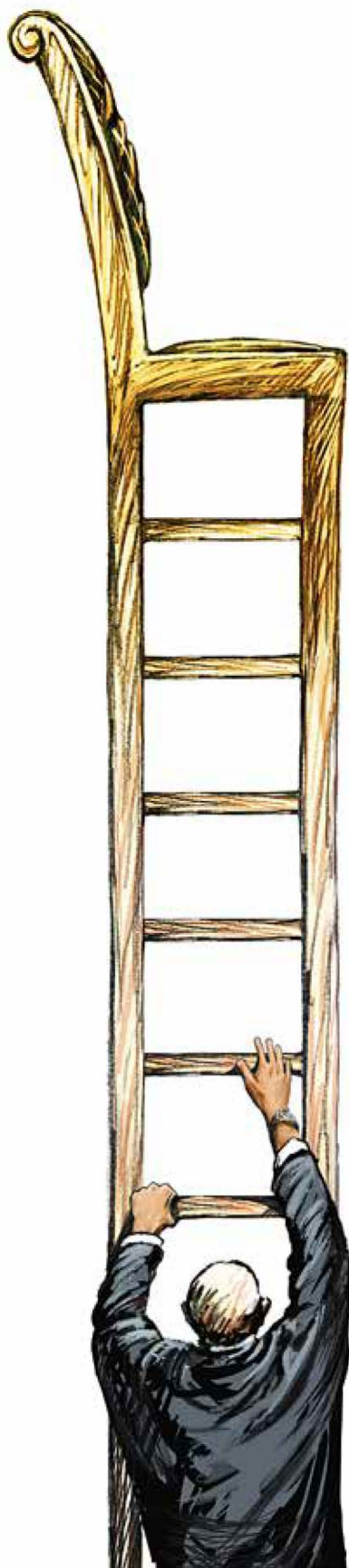




Ж

5  
2014

ЖИЗНЬ И ВЛИЯНИЕ









**НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ:**

**Главный редактор**  
Л.Н.Стрельникова  
**Заместитель главного редактора**  
Е.В.Клещенко  
**Главный художник**  
А.В.Астрин

**Редакторы и обозреватели**

Б.А.Альтшулер,  
Л.А.Ашкинази,  
В.В.Благутина,  
Ю.И.Зварич,  
С.М.Комаров,  
Н.Л.Резник,  
О.В.Рындина

**Технические рисунки**  
Р.Г.Бикмухаметова

Подписано в печать 30.04.2014

**Адрес редакции**  
19991, Москва, Ленинский просп., 29, стр. 8  
**Телефон для справок:**  
8 (495) 722-09-46  
**e-mail:** redaktor@hij.ru  
<http://www.hij.ru>

При перепечатке материалов ссылка  
на «Химию и жизнь — XXI век» обязательна.

© АНО Центр «НаукаПресс»

©



НА ОБЛОЖКЕ — рисунок А. Кукушкина

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ —  
картина Герарда Терборха «Дама, чита-  
ющая письмо, и гонец». Далеко не такие  
приятные послания получают клетки,  
обреченные на апоптоз. Что происходит  
затем, читайте в статье «Программи-  
руемая гибель клеток — медицине».

*Ощущаю протест, не въезжаю в упор,  
То есть напроочь и начисто:  
Если мир — это текст, то каков же забор,  
На котором он значитесь?*

Евгений Лукин

## Содержание

### Наука и общество

РОБОТ НА РАБОТЕ И НА ВОЙНЕ. С.М.Комаров ..... 2

### Проблемы и методы науки

ПРОГРАММИРУЕМАЯ ГИБЕЛЬ КЛЕТОК — МЕДИЦИНЕ. Б.Д.Животовский ..... 8

### Болезни и лекарства

МАТЕМАТИКА ФАРМАЦЕВТОВ. Н.Л.Резник ..... 14

### Интервью

ХИМИЧЕСКОЕ СРОДСТВО. С.В.Голубков ..... 16

### Элемент №...

КСЕНОН: ФАКТЫ И ФАКТИКИ. А.Мотыляев ..... 22

### Прогулки по истории химии

РОБИНСОН: ДЕСЯТЬ ИМЕННЫХ И ОШИБКА. И.А.Леенсон ..... 24

### Тематический поиск

КРИМИНАЛИСТИКА В XXI ВЕКЕ. Е.Клещенко, С.Фролова ..... 26

### Проблемы и методы науки

КАК ПАРАЗИТЫ ХОЗЯЕВ РАЗОГНАЛИ. Н.Анина ..... 28

### Еда по-научному

АРОМАТЫ ЗЕРНОВОГО АЛКОГОЛЯ. А.А.Бондарев ..... 30

### Расследование

МУЖСКОЙ ЧАЙ: ВЗГЛЯД ПРЕСТАРЕЛОГО ХИМИКА. А.С.Садовский ..... 34

### Нанофантастика

ВАГОН. Ирина Грановская ..... 39

### Книги

ТРЕТИЙ ЭВОЛЮЦИОННЫЙ СИНТЕЗ. Г.Ю.Любарский ..... 40

УЖАС ДАЧНИКА. К.Г.Михайлов ..... 45

### Музей

РАДИОНОВОСЕЛЬЕ. Л.А.Ашкинази ..... 48

### Страницы истории

КУДА НЕ ДОТЯНУЛСЯ ИНТЕРНЕТ. Л.А.Ашкинази ..... 50

### Что мы едим

КОТЛЕТЫ. Н.Ручкина ..... 52

### Фантастика

СМЕНА МАРШРУТА. Алексей Карташов, Александра Тайц ..... 54

### Расследование

В ЗАЩИТУ АЗАЗЕЛЛО. Д.Владимиров ..... 61

В ЗАРУБЕЖНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	21	КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ	62
ИНФОРМАЦИЯ	13, 64	ПИШУТ, ЧТО...	62
КНИГИ	47	ПЕРЕПИСКА	64

# Робот на работе и на войне

В марте 2014 года в Москве прошло два события, связанных с роботами. Сначала состоялась международная конференция «Skolkovo Robotics», на которой организаторы попытались собрать представителей наиболее активных отечественных коллективов, занятых созданием роботов. А потом в рамках подготовки предстоящей в июле в Екатеринбурге выставки «Иннопром. Интеллектуальная промышленность» прошла пресс-конференция «Новая индустриальная среда», на которой, в частности, выступил министр промышленности и торговли РФ Д.В.Мантуров. Он отметил, что руководителей министерства волнует серьезный перекос в потоках инвестиций в промышленности. Обработывающие отрасли дают 25% ВВП, а получают лишь 3% инвестиций, добывающие с 8% ВВП — все 20%. Это ведет к деградации обрабатывающей промышленности. Исправить положение поможет принятие закона «О промышленной политике» (который, кстати, многие специалисты ждут уже более 20 лет). Результатом его должно стать кардинальное обновление обрабатывающей промышленности с использованием новой техники, в частности повышение уровня механизации. Иными словами — повсеместное внедрение роботов. По выступлениям участников двух весенних конференций материал из современного мира роботов подготовил наш специальный корреспондент **С.М.Комаров**.

## Советский робот

Начнем с невыдуманной истории. Будучи студентом третьего курса МИСиСа, я во время летней практики работал на ЗИЛе изучал вживую, как проходит термохимическая обработка деталей. И весь месяц занимался нитроцементацией: деталь несколько часов обжигают в печи в атмосфере азота и на ее поверхности образуется твердый слой, обогащенный карбонитридами. Работа была не особенно интеллектуальная. Раз в полчаса из печи выползал поддон обработанных деталей, их надо было вынуть, переставить в другой поддон (он отправлялся в цех сборки) и загрузить в печь новые детали, которые привезли из токарного цеха. На вопрос: «А чего бы не поставить на это нехитрое дело робота?» начальник смены не задумываясь ответил: «Робот стоит десять тысяч рублей, а ты сто пятьдесят в месяц, тебя дешевле содержать».

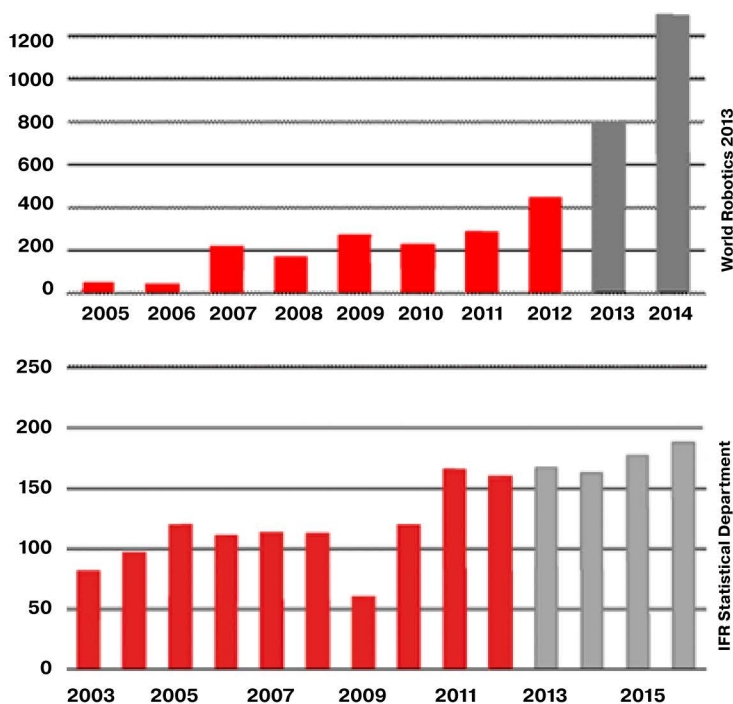
На самом деле этот простой расчет был неверен в корне: к тому времени москвичи на завод не шли, предпочитая либо заниматься творчеством за 120 мэнэсовских рублей, либо работать за гораздо большие деньги. А на завод приходилось привозить рабочих сначала из дальних уголков европейской России, потом из Вьетнама, а к началу перестройки — и вообще узбекских подростков. Как известно, ЗИЛ в рыночную экономику не вписался, и теперь на его территории стоят



Композиция В. Бреля

жилые комплексы. А вот роботы позволили бы решить проблему с набором рабочей силы и привлечь местных жителей с их высоким уровнем образования для обслуживания оных. И как знать, может быть, не оказалась бы столь печальной судьба первенца отечественного автопрома. Во всяком случае, специалисты отмечают, что у лидеров роботизации





1  
В России (вверху) предполагается бурный рост потребления промышленных роботов, правда, считают их в штуках. А в мире (внизу) — не столь бурный, но зато выраженный в тысячах штук. Серые столбики — прогноз

— Японии и Южной Кореи — старение населения, а стало быть, необходимость замены выбывающих из производства людей служит важным фактором развития автоматизации.

Впрочем, видение студента-практиканта несколько расходится с видением сверху. В соответствии с директивными документами, КПСС и советское правительство всемерно заботились о развитии робототехники. В план десятой пятилетки, принятый в 1976 году на XXV съезде партии, были включены такие требования: приступить к промышленному производству приборов и устройств программного управления автоматическими манипуляторами; организовать серийное производство автоматических манипуляторов с программным управлением; повысить механизацию и автоматизацию тяжелого физического и монотонного труда; создать опережающий выпуск станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Эти меры, видимо, оказались вполне действенными, поскольку в материалах следующего XXVI съезда, наметившего планы на 1981—1986 годы и на период до 1990 года, впервые появилось слово «робот»: развить и обеспечить на основе достижений науки и техники широкое применение автоматических манипуляторов (роботов); создать автоматизированные цеха и заводы; создать многофункциональные машины и оборудование, перенастраиваемое при смене технологических процессов, видов выпускаемой продукции и производстве работ; существенно увеличить производство автоматизированных машин с программным управлением, позволяющих снижать применение тяжелого ручного и монотонного труда, особенно в тяжелых и вредных для человека условиях.

Во что эти решения вылились, видно из данных статистики. Так, в период с 1977 по 1984 год производство станков с ЧПУ выросло с 6,3 до 10,5 тысячи штук в год. Промышленные роботы в ежегодном справочнике «СССР и союзные республики» впервые упомянуты в 1982 году. Выпуск автоматических манипуляторов (роботов) в том году составил 5,4 тысячи штук, из них в РСФСР — 3,4 тысячи штук. В 1985 году выпуск уже превысил 15 тысяч (9 тысяч в РСФСР). При этом в 1984 году спе-

циально отмечено, что создано 75 образцово-показательных участков и цехов с использованием промышленных роботов, где должны были обучаться сотрудники других предприятий.

Сработала ли эта идея, не очень понятно. Чистоту эксперимента по внедрению роботов в мало восприимчивое к новациям плановое хозяйство при низкой стоимости рабочей силы нарушили грянувшие через пару лет ускорение с перестройкой, демократизацией и системным кризисом. Новые хозяева советских производств значительную часть оборудования порезали на металлолом за ненадобностью производимой на них продукции в рыночных условиях. Такая судьба постигла и московский завод по производству промышленных роботов в районе метро «Калужская», на стройке которого автор этих строк однажды работал во время субботника, — теперь на его месте торговый комплекс. Неудивительно, что, по данным Международной федерации робототехники, в 2012 году в РФ было продано немногим более 400 промышленных роботов, а в 2014-м ожидается фантастический рост до почти 1300 роботов в год (рис. 1); примерно столько Индия закупила в 2012 году.

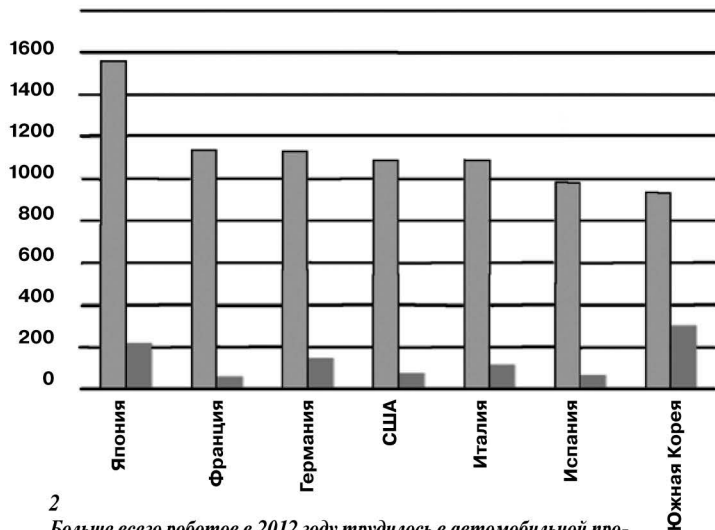
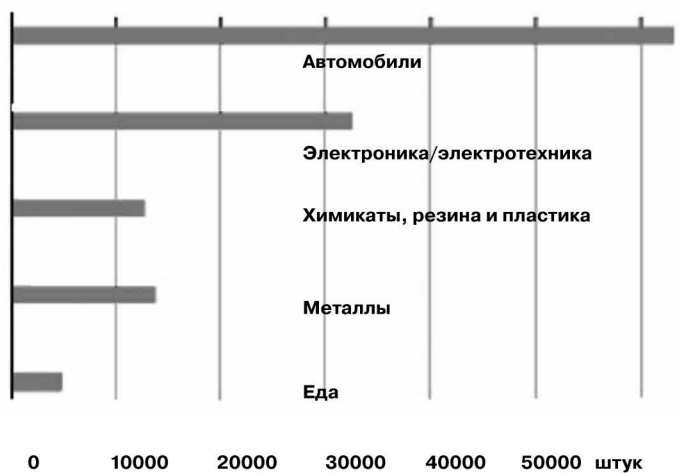
А как обстоит дело в мире? В том же 2012 году было продано 160 тысяч промышленных роботов, минимум же за последние 20 лет пришелся на кризисный 2009-й: 60 тысяч штук. Поскольку задолго до кризиса, в 1994 году, было продано около 70 тысяч роботов, получается, что СССР на созданных к 1985 году мощностях мог бы обеспечить пятую часть мирового рынка промышленных манипуляторов.

## Профессии роботов

Вернемся, Впрочем, к мировой практике, о которой на пресс-конференции «Новая индустриальная среда» рассказал доктор Андреас Байер, директор по маркетингу немецкой компании «Kuka» — это один из лидеров в создании промышленных роботов, как целиком, так и виде отдельных узлов к ним. По совместительству доктор Байер — председатель комитета поставщиков роботов в Международной федерации робототехники, которая среди прочего занимается сбором статистики по производству и использованию роботов. Согласно его данным, с 2010 года идет быстрый посткризисный рост продаж промышленных роботов (рис. 1). В числе причин — улучшенное качество программного обеспечения, которое облегчает наладку, быстрое включение в промышленный процесс, гибкость в переналадке, гарантированное качество продукции, а также выигрыш в стоимости. Немаловажный фактор — улучшение условий труда работников. «Роботы создают дешевые продукты, поэтому они не уничтожают рабочие места, но благодаря повышению объема продаж создают их. А высвобождающиеся трудовые ресурсы перераспределяются по другим секторам экономики. Суммарное же благосостояние общества растет» — такова основная идея доктора Байера.

Больше всего роботов используют в Азии — туда уходит примерно половина новых изделий. Чуть больше четверти оказывается в Западной Европе, чуть меньше — в обеих





2

Больше всего роботов в 2012 году трудилось в автомобильной промышленности, причем лидером оказалась Япония: на нижнем рисунке левый столбец означает количество роботов на десять тысяч работников в автомобильной промышленности, а правый — во всех остальных отраслях

Америках. Страны Центральной и Восточной Европы (то есть бывшие участники социалистического разделения труда) сильно отстают от Западной Европы — покупки роботов у них в десять раз меньше: примерно 4 тысячи штук против 40 тысяч в 2012 году. Уместно напомнить, что из соцстран робототехническую промышленность активно осваивала Болгария, которая в 1985 году строила планы обойти ФРГ по выпуску наукоемкой продукции.

Половину всех роботов применяют в обработке материалов, которая включает как собственно механическую обработку или формование пластиковых изделий (более половины), так и быстро растущий сектор упаковки и складских работ. Чуть больше четверти промышленных роботов заняты сварочным производством. Все эти роботы сосредоточены главным образом в автомобильной промышленности (рис. 2). Треть роботов трудится в электронной промышленности, десятая часть — в химической и металлургической, несколько процентов в пищевой.

В 2012 году число вновь устанавливаемых роботов составляет в среднем по миру 58 штук на 10 тысяч работников. Если взять 1986 год, когда было выпущено 15,1 тысячи советских роботов, и разделить их на 118,5 миллионов имевшихся тогда рабочих и служащих, то получится 12 роботов на 10 тысяч человек. Это соответствует современному уровню автоматизации производства в Греции, Турции и Польше. РФ находится в самом конце списка стран, использующих роботов в промышленности: между Ираном и миллиардной Индией с

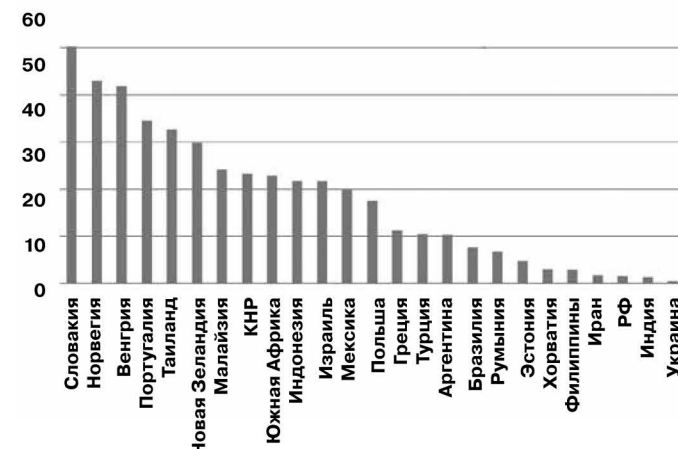
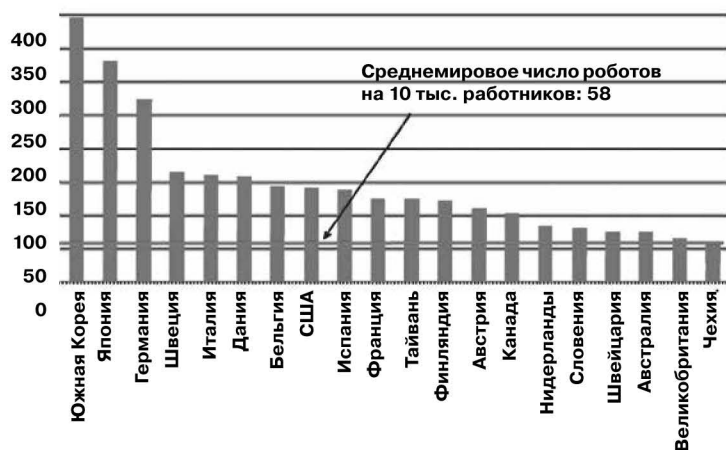
двумя—тремя штуками роботов на 10 тысяч работников (рис. 3), замыкает же список Украина. Удивительно, что в Китае, с его дешевой рабочей силой, плановым хозяйством и миллиардным населением, концентрация роботов весьма высока — 23 штуки на 10 тысяч работников. Лидер же — Южная Корея: 400 роботов на 10 тысяч человек. По общему числу роботов впереди Япония: у нее 1600 роботов на 10 тысяч работников в автомобильной промышленности и 200 в других отраслях (рис. 2). Франция, Германия, США, Италия, Испания держатся примерно на одном уровне: около 1000 роботов на 10 тысяч человек в автомобильной промышленности и 50—100 в других отраслях. Вся же популяция промышленных роботов должна в 2015 году превысить полтора миллиона штук. Закономерно возникает вопрос: если роботы уже среди нас, как с ними жить? На вопрос отвечает новая научная дисциплина — роботика, а один из ее энтузиастов, Джанмарко Веруджио из Института электроники и инженерии для информатизации и телекоммуникаций Итальянского национального научного совета, сделал содержательный доклад на эту тему во время конференции «Skolkovo Robotics».

## Служебные роботы

Основное внимание роботизики уделяют не промышленным, а служебным роботам. Причина в том, что первые все-таки сосредоточены на производстве, обращаются с ними специально обученные люди, причем сами роботы, как правило, не перемещаются в пространстве, выполняют относительно несложные операции и гарантированно лишены свободы воли. Главная опасность, исходящая от них, — исчезновение рабочих мест, что для промышленных развитых стран со ста-

3

Число промышленных роботов, приходящихся на 10 тысяч работников, в промышленно развитых странах существенно выше среднего по мировой экономике





реющим населением, которые и так завозят гастарбайтеров, не очень-то актуально. Более того, именно роботы способны сгладить межнациональные проблемы, поскольку сокращают потребность в приезжих рабочих. Что же касается безопасности при общении с такими роботами, то, действительно, манипуляторы уже несколько раз убивали рабочих, после чего были предприняты меры предосторожности, препятствующие внезапному появлению людей в опасной зоне рядом с роботом: таким образом, все сводится к обычной технике безопасности на производстве.

Иное дело роботы, которые живут среди людей, способны перемещаться и выполнять сложные, порой социальные функции. Их пока что сравнительно немного: в 2012 году было продано 16 тысяч служебных роботов, то есть популяция примерно в десять раз меньше, чем у промышленных. Две основные их группы — военные и сельскохозяйственные роботы. По данным Международной ассоциации робототехники, в 2013—2016 годах ожидается продажа 28 и 24,5 тысячи тех и других, причем сельскохозяйственные — это в основном доильные аппараты. Вместе они составят 55% предполагаемых продаж всех служебных роботов. Остальные же пылесосят квартиры, проверяют и чистят трубопроводы, прокладывают трубопроводы и кабели по дну океанов, обслуживают буровые платформы, доставляют покупки из интернет-магазинов, расставляют товары на складах, строят и разрушают здания, работают хирургами и даже секретарями (см. «Химия и жизнь», 2013, № 3).

Вот с этими служебными роботами уже возникают серьезные этические проблемы. Например, если робот-хирург допускает ошибку, кто должен нести ответственность — сама машина, ее изготовитель, или управляющий роботом человек? А если боевой робот стирает с лица земли деревню с мирными жителями? Подобного рода проблемы и должна решать робоэтика.

Согласно определению Веруджио, данному еще в 2002 году, робоэтика — прикладная этика, предмет которой состоит в разработке единых научных, культурных и технических инструментов, приемлемых для различных социальных групп и групп верующих. Эти инструменты должны стимулировать такое развитие робототехники, которое послужит прогрессу общества в целом и отдельных личностей, а также поможет предотвратить использование роботов против человечества. Стараниями Веруджио в 2004 году в Сан-Ремо прошел первый международный симпозиум по робоэтике, и это направление сейчас развивается довольно энергично.

## Три различия

Из слов «робот» и «этика» можно составить, оказывается, не менее трех сочетаний. Первое — собственно робоэтика: этические теории, разрабатываемые соответствующей ветвью философии, которая изучает человеческие отношения, положения морали и строит концепции добра и зла, правильного и ложного, справедливости и несправедливости. Робоэтика — по сути, приложение этики к получению ответов на новые вопросы, вызванные развитием робототехники. Она помогает осознать социальные, психологические и правовые аспекты проблемы. Вопросы же эти многочисленны. Например, нужно ли относиться к роботу, как к живому существу, наделенному свободой воли? Может ли робот когда-нибудь стать таким, то есть, имеет ли так называемый комплекс Пинокио основания для своего осуществления? Какова мера ответственности робота и его разработчика? До какого предела робот может вторгаться в личную жизнь людей? Как не допустить дискриминации людей в роботизированном обществе? Как не допустить расслоения общества по возможностям доступа к робототехнологиям? Может ли робот получить право на убийство



людей? Такие вопросы, связанные с появлением роботов среди нас, непросты, и понятно беспокойство представляемого Джанмарко Веруджио сообщества исследователей.

Другое, очень похожее сочетание можно перевести на русский как роботизированная или машинная этика. Оно означает программу, которую разработчики специально встраивают в систему искусственного интеллекта, придавая робота. Эта программа должна обеспечить автономному роботу этически приемлемое поведение. Основой служат те этические ограничения и идеи, которые вырабатывает робоэтика. Роботы при этом рассматриваются как машины, инструменты, действующие по воле их создателя, и, стало быть, именно создатели отвечают за все последствия. Наверное, в классическом виде принципы, которые должны лежать в основе таких программ, сформулировал главный роботовед нашего мира Айзек Азимов в виде трех законов робототехники: «1. Робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред. 2. Робот должен повиноваться всем приказам, которые дает человек, кроме тех случаев, когда эти приказы противоречат Первому закону. 3. Робот должен заботиться о своей безопасности в той мере, в которой это не противоречит Первому и Второму законам». Однако из его же произведений видно: практическое воплощение этих простых законов способно привести к таким коллизиям, что разобраться в поведении робота сможет только хитроумный робопсихолог.

И наконец, есть этика роботов. Она возникнет после появления роботов, обладающих сознанием и свободой выбора действий на основе полного понимания последствий этих действий. Только при таком условии роботов можно будет рассматривать в качестве моральных агентов, что порождает неразрывное единство обязанностей роботов и их прав. Эта этика, очевидно, не гуманоидная, представления робота о добре и зле могут отличаться от человеческих, тем более что даже у разных групп людей оно радикально отличается. Например, Л.Н.Гумилев отмечает среди драхмапал — святых буддийского пантеона, которые пожертвовали нирваной ради помощи людям, — жену царя Шри-Ланки, которая, будучи высокоморальной особой, зверски убила своих детей, из-за того что их отец преследовал буддистов. Человек действует под влиянием сложного конгломерата идей, сформировавшихся в обществе, робот — существо попроще. Он все-таки был, есть и будет машиной, более или менее свободно выполняющей заложенную в него программу. Соответственно этические принципы робота базируются на ограничениях, установленных такой программой. Однако не исключено, что эти принципы могут оказаться иными, нежели рассчитывал проектировщик, особенно если робот способен к самообучению. Яркий пример последствий недооценки сложности робоэтики показан в американском фильме «Терминатор», где роботизированная система с гипертрофированной функцией самозащиты ведет себя, по критериям своей этики, как высокоморальное существо и честно выполняет заложенную в нее функцию. Однако именно это и приводит к катастрофе.





## Роботы везде

Робототехника дает основу для таксономии роботов, учитывающей специфику поведения различных групп. На вершине стоят гуманоидные роботы — искусственный разум в искусственном теле. Сейчас их мало, разве что отдельные роботы-секретари более-менее подходят под это определение, хотя об их разумности можно говорить чисто условно. Что же касается искусственного тела, то на выставке во время того же «Skolkovo Robotics» были представлены экспонаты с копиями человеческих голов. Они умеют говорить и хорошо воспроизводят человеческую мимику, однако вблизи производят гнетущее впечатление, напоминая ожившие трупы. Видимо, причина в отсутствии мелкой моторики, присущей человеческому лицу.

Следующие — промышленные роботы, этические проблемы которых связаны с техникой безопасности и с теми изменениям в социуме, которые они вызывают, — безработицей, перетоком рабочей силы между отраслями. На третьем месте — роботы-слуги, легко адаптирующиеся к требованиям хозяев и постоянно меняющимся условиям. В числе их не только пылесосы, но и системы умного дома: зажигание света и включение телевизора по мановению руки, контроль температуры и свежести воздуха и так далее. Казалось бы, какие этические проблемы могут быть у автоматического пылесоса? Ан нет, исследования показывают, что роботы типа «Roomba» — а сегодня это самый массово продаваемый автономный робот, — сами того не желая, создают социальные связи. Хозяева, видя, что механический помощник трудится день и ночь, начинают испытывать к нему привязанность, желают его как-то отблагодарить, например помочь убрать квартиру, чтобы робот мог отдохнуть. Некоторые берут робота с собой в путешествия, чтобы тот посмотрел новые места... Это при том, что сей примитивный робот считает людей не более чем препятствиями на своем пути, которые надо обходить, вроде мебели. А что будет, когда его наделят хотя бы зачатками интеллекта и способностью к общению?

В классификации Веруджио не забыта и электронная нежить — всевозможные сетевые роботы, торгующие на биржах, собирающие статистику сайтов или выполняющие телефонный спам. Ввиду легкости их изготовления и огромного количества для них уже требуется проводить обстоятельные экологические исследования. Напомним, что компьютерные вирусы, например те, которые превращают компьютер в зомби, рассылающего спам, также попадают под категорию сетевых роботов. Из этого примера понятно, как опасно для общества пустить дело создания автономных машин, даже виртуальных, на самотек и не контролировать моральные устои творений отдельных умельцев.

Большая группа роботов предназначена для использования вне помещений — на земле, в воздухе, в воде и в открытом космосе. Очевидно, что их поведение будет диктоваться несколько иными правилами, нежели поведение умного дома.

К числу следующих, медицинских, роботов, по мнению Веруджио, принадлежат не только хирурги, но и роботизированные протезы, в том числе экзоскелеты, придуманные для того, чтобы парализованные люди могли двигаться. Странно подозревать у самодвижущегося протеза ноги наличие каких-то этических принципов, но они есть, ведь экзоскелет — это еще и часть экипировки спецназовца. А вот роботы, ухаживающие за пожилыми и больными людьми, в принципах, очевидно, нуждаются. Весьма успешно развивающаяся группа роботов предназначена для развлечений и обучения — от всевозможных радиоуправляемых моделей до кибернетических собачек и будущих роботов-любовников, этике которых посвящено немало публикаций.

## Роботы на войне

Осталась еще одна, наиболее спорная группа, она же наиболее распространенная — военные роботы, на которых, собственно, принципы робототехники и должны пройти первое боевое крещение, доказав, что построения философов смогут конкурировать с требованиями бизнеса. Интересы сторон антагонистичны: первые настаивают, что боевой робот должен соблюдать законы войны и тогда его применение снизит число жертв, вторые же заинтересованы в победе с минимумом затрат, и моральные ограничения вроде запрета на убийства среди мирного населения, очевидно, этому только мешают.

Сейчас популяция боевых роботов — действующих и разрабатываемых — весьма разнообразна. Вот, например, умная бомба BLU-108. Она падает на парашюте, но, почти





достигнув земли, включает двигатель и взлетает, после чего отстреливает в четыре стороны боеголовки. Те имеют по два датчика. Один, инфракрасный, находит объект с повышенной температурой, например автомашину или трубу печи из землянки, а второй, лазерный, определяет, что это за объект. В зависимости от типа обнаруженной цели боеголовка взрывает ее либо пробивает твердым пенетратором. Способность различать цели и принимать решения позволяет отнести эту бомбу к роботам. В разработке находятся роботы-танки, роботы-пулеметчики, роботы-торпеды, роботы-патрульные, а наиболее активно используют беспилотники, как для наблюдения, так и для уничтожения живой силы противника. Отдельная группа — уже упомянутые экзоскелеты для спецназа, резко увеличивающие мускульные возможности человека.

Поначалу боевые роботы имели мирные профессии: они вели наблюдение за противником, занимались разминированием или выносили раненых из-под огня. Однако уже в конце активной фазы американской кампании в Афганистане, когда талибов выкуривали из горных и пещерных схронов, американцы придумали иное занятие четырехколесному роботу-саперу MARCbot, предназначенному для поиска взрывчатки в машинах, — к нему стали привязывать мину, и сапер превратился в подрывника. Робот размером с игрушечную машинку незаметно проникал через узкие проходы в расположение противника, и, когда солдаты видели, что цель достигнута, они посылали мине сигнал на взрыв. Эти первые опыты вызвали обсуждение среди военных прокуроров, однако теперь американские беспилотники, управляемые джойстиком за многие тысячи километров, беспрепятственно убивают людей с помощью ракетного оружия. Использовать беспилотник в стране, лишенной ПВО, легко. А вот с первыми наземными роботами-солдатами не сложилось. В 2007 году в Афганистан прислали робота SWORD, оснащенного двумя автоматами, винтовкой, минометом и противотанковой установкой стоимостью в 200 тысяч долларов. Опробовать его в деле не удалось. По одним данным, из-за технической неисправности, а по другим — из-за того, что солдаты сразу обозвали его TVR — Taliban Re-supply Vehicle (транспорт для снабжения талибана): возникло опасение, что талибы загонят робота в ловушку, разоружат и станут использовать оружие в своих целях. Впрочем, SWORD послужил прототипом для разрабатываемых роботов-танков.

Таким образом, начало гонки робовооружений положено, и решать очевидные проблемы нужно срочно, пока процесс не зашел слишком далеко. С точки зрения разработчика, автономный, самостоятельно принимающий решения робот-солдат обладает множеством преимуществ, и сохранение живой силы — отнюдь не главное. Считается, что в современной войне каждый солдат будет иметь целую свиту роботов и постоянно командовать всеми сразу он физически не сможет. Потому-то они и должны быть достаточно автономными. Обладая высоким быстродействием, совершенными датчиками и механикой, эти роботы могут гораздо быстрее и эффективнее выполнить боевую задачу. Более того, лишённые эмоций, они выполняют ее точнее. Человеку очень трудно заставить себя убивать других людей, и поэтому, как правило, солдаты палят в воздух. Это подтверждается различными статистическими данными, например такими: во время войны во Вьетнаме на каждого убитого приходилось 18 тысяч выпущенных пуль. Робот конечно же будет давать меньше промахов. Но при этом он может оказаться гуманнее человека-солдата, например станет стрелять не в голову, а по ногам, чтобы вывести противника из строя и взять в плен. Робот никогда не будет мстить за погибшего товарища, творить насилия над мирными гражданами, пытаться пленных и мародерствовать. Обеспечена и лояльность робота: его нельзя подкупить, он не ослушается приказа и, скажем, во время полицейской операции не откажется применить оружие против своих со-



НАУКА И ОБЩЕСТВО

граждан. Естественно, при условии, что таковы заложенные в него этические принципы. А стрелять по мирным протестующим, вопреки всем конвенциям, — ни-ни.

Эта прекрасная картина разбивается на мелкие куски простым вопросом: а как робот будет отличать мирных граждан от немирных? Например, беспилотник, направленный на уничтожение машины с лидером террористов, не должен стрелять по ней, если рядом едет школьный автобус. Но откуда он знает, что там дети, а не те же самые террористы? Сама возможность такого различия составляет предмет существенных споров среди робоэтиков. Важной задачей оказывается и защита боевого робота от вирусов сознания, которые могут сделать его похожим на обычного живого солдата с его этическими проблемами. В самом деле, вирус предательства, внедренный в мозг робота, приведет к потере безусловной лояльности и заставит его перейти под командование противника. Еще опаснее внедрение вируса, смещающего моральные оценки, например, так, что некоторые представители рода человеческого отныне считаются нелюдьми и запреты конвенций на них не распространяются. Тогда и воспетый адептами боевых роботов гуманизм легко исчезает, оставляя голую машину для убийства. Подобные примеры можно приводить в изрядном количестве.

Впрочем, это все теории. Современное же состояние дел с этикой боевых роботов — чудовищно: очевидно, в них нет никаких этических ограничений. Пока что это оправданно, ведь все такие роботы телеуправляемые, и решение о нажатии на спусковой крючок принимает оператор. Он и должен нести ответственность, когда от выстрела беспилотника погибают мирные жители какой-то затерявшейся в горах деревни, хотя на практике все кончается дипломатическими извинениями. Однако появление этих роботов уже резко изменило сам характер войны, сделав ее более кровавой. Теперь оператор, убивающий на расстоянии, не видит глаз своей жертвы, не видит разрушительных последствий своих действий. Все происходит как в компьютерной игре. Более того, сам оператор почти не подвергается опасности возмездия, не рискует, сидя в окопе, получить пулю в лоб, а, отбив смену, идет перекусить с друзьями и возвращается домой к семье. Такая безнаказанность неизбежно ведет к авантюрам. Очевидно, что выдача будущему автономному роботу лицензии на убийство при серьезных сомнениях в возможности придания ему этических ограничений сделает ситуацию еще более опасной. Поэтому робоэтики вроде Джанмарко Веруджио уверены, что такой лицензии быть не должно, а создание, распространение и применение боевых роботов нужно регулировать международной конвенцией, принять которую необходимо как можно скорее. А может быть, и вовсе запретить такое слишком умное оружие, как это было сделано с химическим и бактериологическим, и по той же причине: полностью контролировать последствия их применения человеку не под силу.



# Программируемая гибель клеток — медицине

Доктор биологических наук,  
профессор

**Б.Д. Животовский,**  
Каролинский институт (Стокгольм),  
МГУ им. М.В. Ломоносова

*«Программируемая гибель? А, это называется апоптоз», — скажет просвещенный читатель. На самом деле апоптоз — лишь один из многих видов программируемой клеточной смерти. Создавая сложные структуры и поддерживая их существование, природа, как Микеланджело, постоянно отсекает лишнее; клетки должны умирать, чтобы жил организм. И подобно всем жизненно важным биологическим процессам, программируемая гибель клеток — ключ к лечению многих заболеваний.*



Фото: Алексей Паевский

*Статья написана по материалам лекции, прочитанной автором на Зимней научной школе «Современная биология и биотехнологии будущего» в феврале 2014 года (<http://winter.futurebiotech.ru>)*

## 39 километров кишечника

Гибель клетки может быть пассивным или активным процессом. Пассивный — смерть от повреждений, которые клетка неспособна починить. Активный процесс имеет место, когда клетка выполнила свою функцию и должна уйти со сцены, уступить дорогу другим клеткам. Характерный пример — эмбриональное развитие: формирование органа в растущем организме происходит не только за счет роста и деления клеток, но и за счет удаления «лишних». Впрочем, и после повреждения может включаться активный процесс гибели: «плановое» устранение бывает предпочтительнее неуправляемого распада.

Любая популяция клеток регулируется тремя процессами, одинаково важными: деление, дифференцировка — превращение молодых клеток в зрелые (при этом их количество может как увеличиваться, так и уменьшаться) и гибель клеток. Тело взрослого человека состоит из десятков триллионов клеток, и ежедневно каждый из нас теряет де-

сятки миллиардов из них, в пересчете на вес — примерно килограмм. Само собой разумеется, потерю восполняют новые клетки, так что мы не теряем по килограмму в день. (Кстати, жировые клетки, которым желают погибнуть многие худеющие, с возрастом могут прибавляться в числе, а умирают неохотно.) Все мы знаем, как слущивается и обновляется поверхностный слой кожи — эпидермис. В числе наиболее активно гибнущих — клетки эпителия кишечника: на протяжении жизни человека они заменяются примерно 4000 раз. Если бы старые клетки не погибали, то за 70 лет наш кишечник достиг бы длины 39 км! Активно обновляются и клетки костного мозга — за те же 70 лет организм производит их около трех тонн. Еще один пример — тимус, в котором рождаются и созревают клетки иммунной системы. Примерно 90% тимоцитов — так называют лимфоциты, пока они находятся в тимусе, — в нем

же и погибают, и лишь 10% выходит за его пределы.

В индивидуальном развитии человека или любого другого существа тоже не обойтись без программируемой гибели клеток. Хрестоматийный пример апоптоза — исчезновение хвоста у головастика; интересно, что этот процесс вместе с другими метаморфозами регулируется изменением уровня тиреоидного гормона в крови. А чтобы у животного сформировались пальцы на лапе, должны исчезнуть клетки, расположенные между зачатками пальцев (рис. 1). Программируемая гибель клеток участвует и в созревании половых органов, и в развитии мозга. Погибшие при апоптозе клетки организма должны быть съедены соседними клетками либо макрофагами — профессионалами пожирания. Благодаря этому апоптоз почти никогда не сопровождается воспалением. Подробнее об этом можно прочитать в недавно опубликованных



статьях (H.Yamaguchi et al, eLIFE, 2014, 3:e02172, D.Wallach, A.Kovalenko, eLIFE, 2014, 3:e02583).

Очевидно, что смерть клеток должна строго регулироваться, они должны погибать в определенное время и в определенном месте, иначе в организме воцарится хаос.

## Бабочка и червь

Феномен программируемой гибели клеток известен уже более ста лет, но до середины прошлого века он почти не привлекал внимания ученых. Автором термина «программируемая клеточная смерть» стал американский клеточный биолог Ричард Локшин. В середине 60-х годов прошлого века он был аспирантом у Кэрролла Уильямса в Гарвардском университете и, по его собственным рассказам, уже начинал волноваться — четыре года в аспирантуре, и все еще никаких публикаций! Однако в 1964—1965 годы вышло сразу пять статей Локшина и Уильямса под общим названием «Programmed cell death». Объектом их исследований был шелкопряд — в метаморфозе бабочки удаление «ненужных» структур совершенно необходимо.

Важную роль в развитии этого направления сыграла работа доктора Таты (J.R.Tata, C.C.Widnell, «Biochemical Journal», 1966, 98, 604—620), который показал, что процесс гибели клеток требует синтеза РНК и белков. Это значило, что гибель бывает не случайной, а генетически детерминированной, происходящей «по свободному выбору» клетки или организма.

Тогда же, в 60-е, биолог Сидней Бреннер, выходец из Южной Африки, работавший в Великобритании, предложил новый модельный объект для исследования индивидуального развития организмов — червячка *Caenorhabditis elegans*, обитающего в почве. Эти крошечные существа интересны тем, что тела взрослых особей состоят из строго

определенного числа клеток, участь каждой из которых предопределена. Через четыре десятилетия, в 2002 году, Сидней Бреннер вместе с Робертом Хорвитцом и Джоном Салстоном получили Нобелевскую премию по физиологии или медицине за идентификацию генов нематоды, контролирующих развитие органов и программируемую гибель клеток.

С другой стороны, медицине еще в XIX веке были известны явления, которые мы теперь называем апоптозом (например, редукция эпителия матки во второй половине менструального цикла). В 1965 году этой темой заинтересовался австралийский патолог Джон Керр из Квинслендского университета. Исследуя электронно-микроскопические препараты тканей, он обнаружил картину клеточной смерти, принципиально отличную от некроза. Позднее он приехал на саббатикал в Шотландию, в Абердинский университет, по приглашению Аластора Карри — одного из самых известных патологов того времени. (Слово «саббатикал» в данном случае можно перевести на русский как «творческий отпуск».) Результатом их совместной работы стала знаменитая ныне статья «Апоптоз как фундаментальный биологический феномен с множественными функциями в регуляции кинетики тканей». Третьим соавтором был Эндрю Уайли, аспирант Карри. Термин «апоптоз» авторам предложил Джеймс Кормак, профессор греческого языка в Абердинском университете. Это слово может быть переведено как опадание листьев, лепестков, но его также употребляли Гиппократ и Гален, обозначая отмирание и потерю ненужных организму частиц.

Любопытно, что трое соавторов посылали свою статью в ведущие журналы того времени и везде ее отклоняли, оценивая тему как малоинтересную. Карри был членом редколлегии «British Journal of Cancer», и он уговорил редактора принять статью к публи-



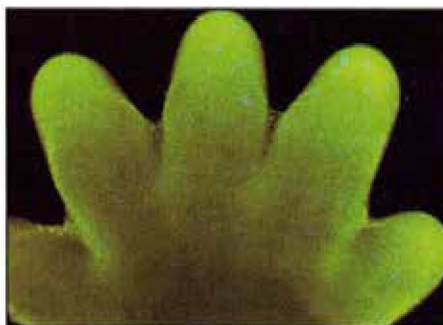
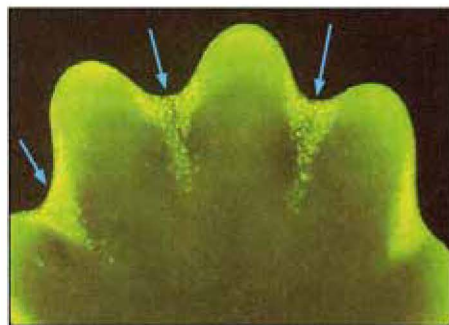
## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

кации (Kerr, Wyllie, Currie, 1972, 26, 4, 239—257, doi: 10.1038/bjc.1972.33). Это «любезное одолжение» в дальнейшем сильно увеличило импакт-фактор журнала — статью цитировали тысячи раз и продолжают цитировать по сей день. В настоящее время эта тематика никому не кажется бесперспективной. По моим подсчетам, каждые 24 минуты появляется новая публикация, включающая термины «апоптоз», «некроз», «аутофагия» или «программируемая гибель клеток».

## Пересадки на путях гибели

Исследование программируемой клеточной смерти имеет не только фундаментальное, но и прикладное значение: сегодня это важный аспект клинической медицины. Причиной многих хронических заболеваний оказались изменения в регуляции процесса гибели клеток. Изменения могут иметь генетическое или иное происхождение, но, так или иначе, патология характеризуется избыточной гибелью клеток или выживанием дефектных, которые должны были погибнуть. К первой категории относятся некоторые нейродегенеративные, гематологические, иммунные, инфекционные и метаболические заболевания. Вторая категория — появление в организме «лишних», потенциально дефектных клеток — это прежде всего опухоли и предопухолевые состояния, но также аутоиммунные, инфекционные, метаболические и гематологические заболевания. Для понимания патофизиологии этих многочисленных заболеваний принципиально важно узнать, из-за чего и где произошел сбой.

Механизмы регуляции клеточной смерти оказались весьма сложными, и, несмотря на колоссальный прогресс в этой области, многое остается непонятным. Необходимо детально разобраться в сигнальных путях, приводящих к гибели клетки. Сейчас считается, что существует основной, сердцевинный (корovýй) путь с ответвлениями, которые ведут или к специфическим механизмам гибели клеток в отдельных тканях, или к патологиям.



1 мм

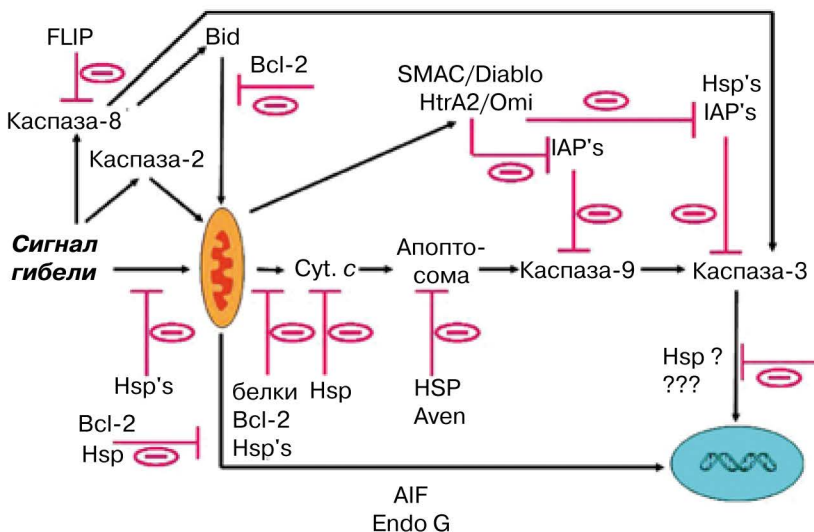
1  
Апоптоз во время нормального развития конечности мыши.  
Клетки, подвергшиеся апоптозу, ярко окрашены. Справа — та же конечность  
день спустя (W. Wood et al., «Development», 2000, 127:5245—5252)



Самое интересное, что между путями гибели клеток имеются своего рода пересадочные станции, и это еще усложняет картину, делая ее похожей на схему метрополитена в мегаполисе вроде Нью-Йорка или Москвы. Почему в разных клетках и тканях работают различные формы гибели, что нужно сделать, чтобы, скажем, раковая клетка, у которой заблокирован один из путей гибели, «сделала пересадку» и направилась по другому пути, — все эти

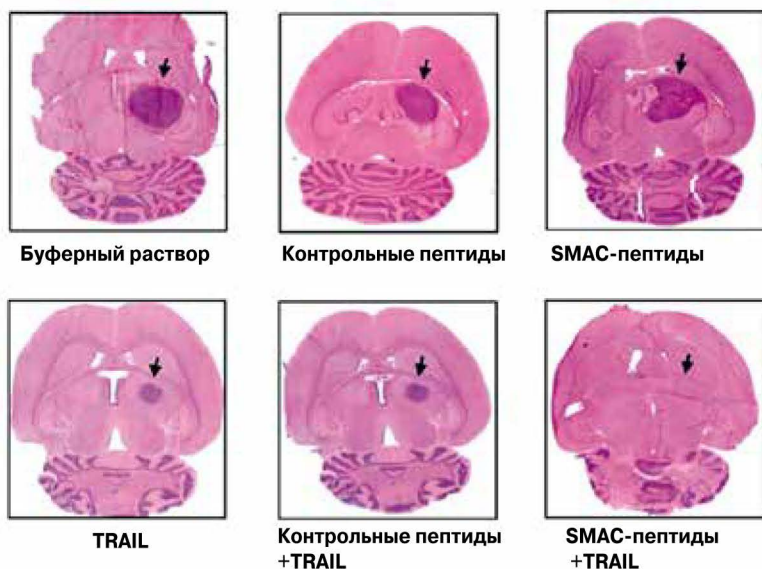
Что касается теоретического выхода — итоговая схема путей клеточной гибели (рис. 2) довольно сложна, и рассказать о ней полностью в короткой статье невозможно. И все же нетрудно заметить, что перспективных мишеней для воздействия довольно много (на схеме они обозначены минусами). На этих этапах клеточную смерть можно остановить или, если заменить минусы плюсами, ускорить.

Почетное место в апоптотической форме клеточной гибели занимают каспазы — семейство из тринадцати белков, разделенных на две группы, которые участвуют в развитии апоптоза или воспаления. Каспазы относятся к протеазам — ферментам, расщепляющим другие белки, причем результаты этой их активности могут быть самыми разными, даже когда речь идет об одном и том же ферменте, но в разных тканях и при различных условиях. Так, при окислительном стрессе каспаза 1 расщепляет интерлейкин 1В, превращая его в активную форму. (Интерлейкины играют центральную роль в иммунных и воспалительных процессах.) Это может быть причиной ишемии в клетках печени и миокарда; на клеточном уровне



*Схема путей, по которым сигнал апоптотической гибели доходит до митохондрий и дальше распространяется по клетке, заканчиваясь распадом хроматина и фрагментацией ядра. Важную роль в прохождении апоптотического сигнала играет активация каспаз, семейства протеолитических ферментов. Hsp — белки теплового шока, Cyt. c — цитохром c; подробнее о каспазах, белках семейства Bcl-2, IAP, а также SMAC, иначе называемом Diablo, см. в тексте*





3  
Подобные SMAC вещества (пептиды или низкомолекулярные органические соединения) делают злокачественную опухоль мозга — глиому чувствительной к терапии белком TRAIL, цитокином из семейства факторов некроза опухолей, а также к многим химиотерапевтическим препаратам (не указаны на рисунке). Только при их совместном действии глиома в мозге подопытных мышей исчезает полностью, ее клетки гибнут по пути апоптоза (S. Fulda et al, «Nature Medicine», 2002, 8 (8), 808—815, doi: 10.1038/nm735). В настоящее время данные миметики SMAC находятся на третьей фазе клинических испытаний

происходит апоптоз, который в случае нарушений фагоцитоза может трансформироваться в некроз. В печеночной ткани та же каспаза может расщепить белок, приводя к переключению апоптотической программы в аутофагическую, а затем и к геморрагическому шоку. С другой стороны, если полностью убрать этот белок, это вызывает гибель клеток печени по типу некроза.

В 1990—2000-е годы многие фармацевтические фирмы вкладывали огромные деньги в разработку ингибиторов каспаз. Теперь практически все прекратили работу в этом направлении, поскольку ингибиторы оказались токсичными, — именно потому, что блокируют нормальную функцию каспаз в клетках. В настоящее время ингибиторы каспаз используют лишь в экстренных ситуациях, например при остром циррозе печени, когда необходимо как можно скорее остановить разрушение ткани. Другой пример — такое тяжелое заболевание, как болезнь Крона: хроническое воспаление всех отделов желудочно-кишечного тракта, от полости рта до прямой кишки, с образованием свищей, инфекционными осложнениями и прочими проблемами. При лечении болезни Крона (а также ревматоидного артрита и язвенного колита) хорошо показал себя препарат инфликсимаб, в России известный как ремикейд, — он действует как раз через каспазу-1.

Белки семейства IAP — inhibitors of apoptosis proteases — в соответствии с названием, ингибируют апоптотические протеазы, то есть каспазы, тем

самым выключая апоптоз. В нормальных клетках белки IAP могут обезвредить митохондриальный белок SMAC (second mitochondria-derived activator of caspases) — он выходит из митохондрий, соединяется с IAP и убирает их функцию. Логично было использовать этот эффект для терапии. И действительно, низкомолекулярные миметики SMAC (небольшие молекулы, имитирующие функцию этого белка) показали себя достаточно эффективными при терапии глиомы — опухоли мозга (рис. 3). По некоторым обмолвкам врачей в российских СМИ можно предположить, что подобными препаратами (но, конечно, не только ими) лечили в США певицу Жанну Фриске.

Следующий важный элемент схемы — Bcl-2. Перенос его гена с одной хромосомы на другую (транслокация) ассоциируется с лимфомой В-клеток. Отсюда название белка и его гена — аббревиатура В cell lymphoma. В 80-е годы XX века австралийский биолог Дэвид Во с коллегами показал, что этот белок работает как антиапоптотический, препятствуя гибели В-клеток; вскоре это подтвердили и другие исследователи. Таким образом, впервые было доказано, что белки, участвующие в негативной регуляции гибели клеток, могут работать как онкогены: если апоптоз блокирован и дефектные клетки не погибают, заболевание развивается.

С этой публикацией связана интересная история. Дэвид Во в то время был аспирантом в Институте медицинских исследований Уолтера и Элизы Холл

в Мельбурне. Его научный руководитель, доктор Сьюзен Кори, результаты Дэвида по Bcl-2 встретила холодно. Но Дэвид, будучи упорным человеком, отправился за поддержкой к своему второму руководителю — доктору Джерри Адамсу, и тот решил, что работа заслуживает внимания. Интрига заключалась в том, что второй руководитель был мужем первого. Итогом рабочих и, возможно, внерабочих дискуссий стала совместная публикация руководителей и аспиранта (D.L. Vaux, S. Cory, J.M. Adams, «Nature», 1988, 335, 440—442).

Сейчас известно целое семейство белков Bcl-2 — регуляторов апоптоза, названное в честь первого такого белка. Одни из них подавляют гибель клетки, другие ее активируют, причем последние разделяются на две группы. Это создает проблемы при лекарственном воздействии на них. Делались попытки, например в компании «Genentech», выключить ген Bcl-2 с помощью антисмысловой ДНК или РНК. (Понятно, что, если удалить из клетки антиапоптотический белок, должен развиваться апоптоз.) На клетках в культуре все получалось отлично, но, когда перешли к экспериментам на животных, оказалось, что клетки по-прежнему нечувствительны к гибели, хотя уровень белка-мишени падает — его замещает другой белок семейства. При использовании антисмысловых молекул к двум белкам повысился уровень третьего... Нужно было искать другие подходы.

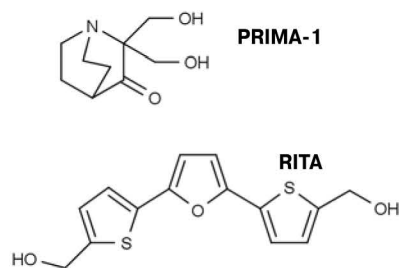
Белок еще более знаменитый, чем Bcl-2 и каспазы, — антионкоген p53, который часто называют «стражем генома». У него много функций, но то, что знают о нем все, — p53 активируется в ответ на стрессовые стимулы и другие факторы, способные привести к мутациям в ДНК, и включает гибель клетки. Мутации в гене этого белка часто бывают связаны с онкологическими заболеваниями. Нормальный же белок p53 заставляет клетку погибнуть в апоптозе, убирая антиапоптотическую функцию Bcl-2. Следовательно, если



причина онкологического заболевания — мутация в p53, потенциально хорошим лекарством будет вещество, которое выключало бы функцию белков семейства Bcl-2. Нет активности антиапоптотических белков — есть апоптоз, и p53 уже не нужен.

Такие соединения действительно существуют. Первое из них, под названием ABT 737, в середине прошлого десятилетия было получено американской фармацевтической корпорацией «Abbott Laboratories». Более совершенный «потомок» этого препарата, ABT 199, активный при лейкемии и лимфоме В-клеток, сейчас проходит третью фазу клинических испытаний.

Конечно, при проблемах с p53 можно использовать не только этот подход. Все варианты трудно перечислить: используется и генная терапия — внедрение гена нормального p53 в аденовирусном векторе, и целенаправленное уничтожение клеток, дефектных по этому гену. Перспективны для применения в клинике и активация нормального, но «спящего» p53, и реактивация мутантного белка. Уже имеются низкомолекулярные соединения, которые воздействуют на различные участки (домены) p53 и восстанавливают его функцию. Формулы двух таких молекул, PRIMA-1 и RITA, впервые исследованных в Каролинском институте, под руководством Галины Селивановой и Класа Вимана, представлены на рисунке. Я совместно с Класом Виманом работал с соединением PRIMA-1, восстанавливающим функцию мутантного p53, и нам удалось показать, что в зависимости от ситуации он может вызывать или апоптоз, или аутофагию.



В настоящее время большое значение придается изучению медицинских аспектов явления аутофагии — «самопожирания» клетки. При аутофагии внутренняя структура клетки доставляется в лизосомы — пузырьки с ферментами, расщепляющими биомолекулы, и там разрушаются. Впервые аутофагию описал в 1963 году бельгийский биолог Кристиан де Дюв, лауреат Нобелевской премии 1974 года по физиологии или медицине (см. «Химию и жизнь», 2013, № 11). Аутофагия сама по себе — сложное явление, в разных случаях она

управляется различными механизмами. Интересно, что аутофагия в опухоли может как подавлять ее развитие, так и способствовать ему. Однако совокупность последних данных говорит о том, что можно заставить аутофагию работать только на гибель опухоли. Не исключено, что удастся как-то использовать связь между аутофагией и апоптозом, переключения между этими двумя маршрутами.

Возможности аутофагии в борьбе с онкологическими заболеваниями наши лаборатории в МГУ и в Каролинском институте изучают совместно с клиницистами из Российского онкологического научного центра имени Н.Н.Блохина. Идея выглядела парадоксально: не стимулировать, а подавить аутофагию в клетках опухоли. Известно, что при этом в клетке накапливаются активные формы кислорода (АФК) и она становится более чувствительной к инициации процесса гибели. Мы попытались проверить это на практике и убедились, что идея работает: ингибирование аутофагии на определенных участках привело к накоплению АФК, и, если в этот момент подействовать специфическими противоопухолевыми препаратами, можно эффективно убить опухоль. Замечу, что эта работа была выполнена только на аденокарциноме легкого, мы не проверяли результаты ни на каких других видах новообразований, и наше представление о механизме пока остается рабочей гипотезой.

## «Работайте старательно, но быстро»

Из всего сказанного выше следует важный вывод: когда вы слышите о волшебном препарате, который «лечит все виды онкологии», то можете быть уверены, что это блеф. Рак нельзя вылечить одним-единственным препаратом, потому что у него нет одной-единственной причины. Это системное заболевание, и, чтобы бороться с ним, необходимо полностью проанализировать систему, понять, что и где неправильно работает. Только при комплексном лечении удастся достичь результатов. Например, ABT 199 действительно эффективен против В-клеточной лимфомы, но, чтобы полностью убить опухоль, его начинают в комплексе с другими веществами. И важно определить, какие препараты следует применять в каждом конкретном случае.

Характерный пример — рак легкого. Это название объединяет по крайней мере четыре разных заболевания: мелкоклеточный и немелкоклеточный рак, который, в свою очередь, делится еще на три вида: аденокарциному, плоскоклеточный и крупноклеточный рак. Это

деление отнюдь не формальное: у них абсолютно разные генетические основы, биохимия, этиология, общего — только локализация в легком. Конечно же и лечить их нельзя одинаково.

Нужно учитывать еще и такой фактор, как индивидуальная чувствительность больных к терапии. Около 15 лет назад в США был создан препарат для лечения аденокарциномы и других немелкоклеточных раков, получивший название Иресса (гефитиниб). Испытания на клетках в культуре и на животных показали хорошие результаты, и, поскольку рак легких очень распространен в Японии, американское Агентство по контролю пищевых продуктов и лекарств (FDA) решило проводить третью фазу клинических испытаний именно там. Примерно треть пациентов с аденокарциномой легкого отвечала на терапию — великолепное достижение. Но когда FDA допустило этот препарат к применению в США, произошло фиаско: эффект был всего у 2% больных. Дело в том, что Иресса — ингибитор рецептора эпидермального фактора роста EGF, известного как онкоген, а при аденокарциноме могут быть мутации в гене этого белка. В Японии определенная мутация, ранее не известная, встречалась у 30% пациентов, а в Америке приблизительно у 2% — им-то и помогал препарат. Не случайно Евросоюз поддерживает сейчас большую программу персональной медицины. Программа весьма дорогостоящая, но без нее не продвинуться вперед.

Хотя пока не приходится говорить о полной победе над раком, в последние годы достигнуты большие успехи, в том числе благодаря исследованиям в такой «неприкладной» области, как программируемая гибель клеток. Поэтому более чем странно слышать от компетентных лиц, занимающих высокие посты, что в задачи Министерства здравоохранения РФ «не входит исследование фундаментальных аспектов медицины». Не будет фундаментальных исследований — не будет и практических результатов. Но разумеется, одной фундаментальной науки недостаточно. Путь от идеи до разрешенного к применению лекарства — скрининг, оптимизация, выбор среди кандидатов, все необходимые тесты, затем клинические испытания — при самых благоприятных условиях займет примерно десять лет и обойдется в миллиард долларов. Таковы общемировые тенденции, и на этом не стоит экономить: цена ошибки может быть слишком высокой.

В заключение я хотел бы передать молодым читателям совет, который сам услышал, когда был аспирантом третьего года обучения. В те годы в Ленинграде жил и работал академик



Евгений Михайлович Крепс, директор Института эволюционной физиологии и биохимии имени И.М.Сеченова. Это был очень своеобразный и безумно интересный человек. В 1937 году его арестовали за якобы «вредительскую деятельность в пользу ряда западных государств», несколько лет он провел в лагерях. Однако случилось чудо: после вмешательства академика Л.А.Орбели Евгений Михайлович был освобожден по пересмотру дела «ввиду отсутствия состава преступления», вернулся в Ленинград и продолжил занятия наукой. Я пришел к нему, чтобы попросить представить нашу статью в журнал «Доклады Академии наук СССР». Евгений Михайлович сказал: хорошо, я посмотрю и вам позвоню. Честно говоря, я не особенно надеялся на это, слишком суров был его взгляд. Однако день спустя действительно раздался звонок, он пригласил меня к себе и попросил объяснить, что такое гибель клеток. Я объяснил, как

мог. Особенно Евгению Михайловичу понравилось то, что патофизиологию некоторых неврологических заболеваний возможно будет объяснить феноменом программируемой гибели клеток, хотя в то время подобных работ было совсем мало. Он согласился представить статью, которая затем благополучно вышла в журнале. И сказал такую фразу: «Знаете, Боря, вы молодой, но время летит. Одному ученому хватит лет тридцать — сорок, чтобы стать академи-

ком или даже лауреатом Нобелевской премии, а другому может понадобиться для этого лет двести, если он доживет. Поэтому работайте быстро, но старательно». Причины, по которым придется ждать и откладывать задуманное, найдутся всегда. Но следует избегать промедлений там, где это зависит от нас.



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ



## О подписке



*Напоминаем, что на наш журнал с любого номера можно подписаться в редакции.*

*Стоимость подписки на второе полугодие 2014 года*

*с доставкой по РФ — 870 рублей, при получении в редакции — 540 рублей.*

*Об электронных платежах см. [www.hij.ru](http://www.hij.ru).*

*Справки по телефону (495)722-09-46.*

### Реквизиты:

Получатель платежа:

АНО Центр «НаукаПресс»,  
ИНН/КПП 7701325151/770101001 Банк: АКБ  
«РосЕвроБанк» (ОАО) г.Москва,  
Номер счета: № 40703810801000070802,  
к/с 30101810800000000777, БИК 044585777  
Назначение платежа: подписка на журнал  
«Химия и жизнь—XXI век»

## Об архиве

*Архив «Химии и жизни» за 45 лет — это более 50 000 страниц, рассказывающих о науке, о том, как ее делают, кто ее делает и зачем, а также антология фантастики и собрание великолепных рисунков. Стоимость — 1350 рублей с учетом доставки.*



# Математика фармацевтов

«Создание лекарства» — эти слова вызывают разные ассоциации. Можно представить себе конвейер, который штампует и расфасовывает таблетки; людей в белых халатах, которые сосредоточенно капают что-то в пробирки, делают инъекции мышам или разглядывают чашки с плесенью; других людей, тоже в белых халатах, в больничной палате среди пациентов. Именно о лабораторных исследованиях, клинических испытаниях или проблемах производства нового препарата обычно пишут журналисты. Но многое остается за кадром, в том числе работа математиков. Без их участия сейчас не обходится ни один этап создания лекарства.

А этапы все известны (рис. 1). Сначала исследователи выбирают биохимический путь, на который хотят воздействовать, мишень на этом пути и молекулу, взаимодействующую с мишенью. Когда потенциальное лекарство найдено, разработчики проверяют, насколько эффективно оно противостоит болезни и безопасно для пациента. Если этот этап прошел успешно, надо доказать, что лекарство будет востребовано на рынке, выяснить круг потенциальных потребителей и определить цену.

Для каждого этапа существует свой тип математического моделирования: биологическое, фармакологическое, статистическое и экономическое. Биологическое моделирование используют на стадии выбора мишени и активного вещества. На этом этапе все чаще применяют компьютерный скрининг, который

позволяет проанализировать действие нескольких десятков тысяч молекул *in silico*, без проведения опытов. Из них лишь несколько десятков пройдут до клиническую проверку, а на стадии клинических испытаний нередко остается всего одна молекула. Иногда вещество, отбираемое для лечения того или иного заболевания, или его предшественник могут оказаться эффективными и в других нозологиях. Например, иммуносупрессивный препарат эверолимус, показанный после трансплантации почки и сердца, применяют и для лечения рака почки, но в больших дозах.

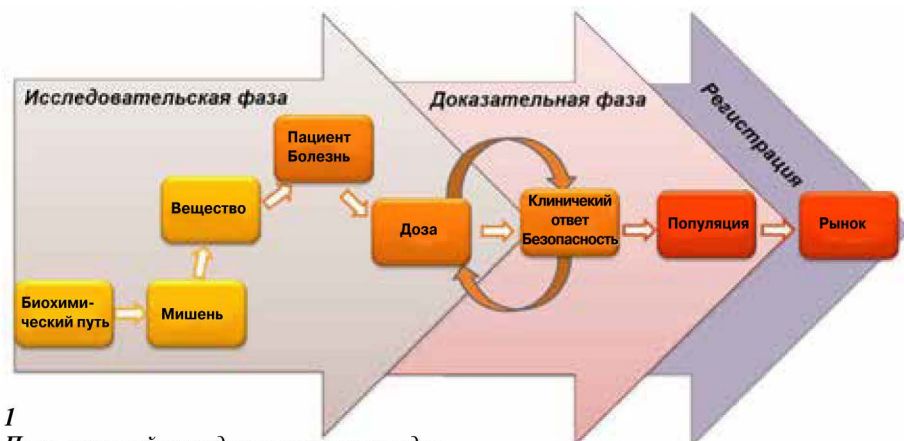
Клинические испытания состоят из трех стадий (рис. 2). Первая довольно короткая, занимает около года, обычно в ней участвуют несколько десятков здоровых добровольцев. (В некоторых случаях, например при разработке психотропных средств, здоровые люди в испытаниях не участвуют.) На этом этапе исследователи оценивают безопасность лекарства, убеждаются, что правильно выбрали дозу, оценивают, как организм переносит препарат. На второй стадии в испытаниях задействованы несколько сотен больных людей, а цель ее — установить, насколько успешно препарат может лечить данное заболевание. Для количественного анализа полученных данных применяют фармакологическое моделирование. Как и биологическое, оно использует фармакометрию — дисциплину, которая объединяет фармакокинетику и фармакодинамику. Фармакокинетика описывает

процессы, происходящие с лекарствами в организме, а фармакодинамика — влияние лекарства на симптомы болезни и организм в целом. Идеальная фармакометрическая модель обязательно должна с максимальной точностью оценить распределение лекарства в организме и способ его употребления, учитывать механизм взаимодействия активного вещества с мишенями, чтобы знать, как препарат может влиять на биомаркеры, по которым оценивают состояние больного, например температуру, давление, состав крови или другие показатели.

Иногда необходимые испытания будущего лекарства невозможно провести на людях, в том числе по этическим соображениям, но их можно испытать на животных. В этих случаях фармакометрическое моделирование позволяет предсказать действие препарата на людей с учетом их физиологических особенностей. Некоторые препараты нельзя тестировать на детях, но есть данные об их действии на животных и взрослых людей. Дети отличаются от взрослых не только размерами, но и метаболизмом. И здесь тоже выручает математическое моделирование.

Хотя фармакометрическая модель решает сразу несколько важных и непростых задач, она не должна быть слишком сложной. Сложные модели трудно проверять, интерпретировать. Кроме того, не забудем, что модель будут рассматривать чиновники, решающие судьбу препарата. Главное ее назначение в том, чтобы эффективно и наглядно продемонстрировать, как можно лечить заболевание с помощью определенного вещества. Такая модель помогает регуляторным органам и фармацевтическим компаниям принимать решения по поводу дальнейшей разработки препарата и его регистрации.

Но пока до регистрации далеко. Фармакометрическая модель позволяет окончательно определить дозу препарата и перейти к третьему этапу клинических испытаний — исследованию лекарства на популяционном уровне. Его эффективность и безопасность изучают на максимально разнообразной выборке, чтобы понять, как оно будет действовать, когда выйдет на рынок. В третьей стадии клинических испытаний



1  
Путь, который проходит лекарство от идеи до аптечного прилавка. В зависимости от конкретной болезни эта схема может варьировать





## БОЛЕЗНИ И ЛЕКАРСТВА

Рассеянный склероз — тяжелейшее заболевание, и потенциальная польза от применения финголимода превышает потенциальный риск, только необходимо очень точно рассчитать дозировку, чтобы не подавлять иммунную систему больше, чем это необходимо. Клинические испытания показали, что дозировки 0,5 и 1,25 мг подавляют обострение рассеянного склероза с одинаковой частотой, но большая доза вызывает более серьезные нежелательные побочные эффекты. Фирма-разработчик рекомендовала дозу 0,5 мг и подала заявку на регистрацию. Рассмотрев ее, регистрирующий орган предложил провести клинические испытания, чтобы проверить, нельзя ли снизить дозу еще в два раза.

В распоряжении компании было множество результатов исследований разных доз препарата на более ранних фазах клинических испытаний. На основе этих данных специалисты фирмы разработали фармакометрическую модель, которая учитывала дозу препарата, его концентрацию в организме, влияние на лимфоциты, частоту обострений и появление новых очагов воспаления ЦНС. Модель доказывала, что снижение дозы приведет к значительному увеличению количества обострений в течение года. Ответ убедил чиновников, дозу менять не стали.

Подобные диалоги между регулирующей организацией и фармацевтической компанией случаются нередко, и фармакометрическое моделирование может сказать в них свое веское слово. И тогда стороны приходят к соглашению и достигают главной цели: получить продукт, выгодный для компании, эффективный для пациента и полностью удовлетворяющий государство.

**Н.Л.Резник**

Редакция благодарит К.В.Жуденкова, старшего специалиста по моделированию ООО «Новартис Фарма» ([www.novartis.ru](http://www.novartis.ru)), за помощь в подготовке материала.

## 2

*На разных стадиях клинических испытаний исследователи решают разные задачи*

неприменно должны участвовать пациенты из тех стран, где фирма-разработчик лекарства планирует продавать свой препарат. Обработка такого массива данных имеет свою специфику, и тут подключается статистическое моделирование. Оно позволяет решать задачи, невыполнимые на предыдущих этапах. Имея дело с большой выборкой, можно проверить, как лекарство влияет на людей разного возраста или расовой принадлежности, можно при необходимости разделить участников исследования и по другим признакам.

Препарат, благополучно прошедший все стадии клинических испытаний, регистрируют. В нашей стране функции регистрирующего органа выполняет Минздрав, куда и передают обширное досье препарата, в том числе данные фармакометрического моделирования, подтверждающие его безопасность и эффективность, а также данные экономического моделирования, которые отражают конкурентоспособность нового лекарства и его перспективы на рынке. В России в роли основного заказчика лекарств выступает государство. Значительную часть препаратов оно закупает и распределяет централизованно, и для многих больных, в том числе хроников, это единственный способ получить необходимую помощь: эффективные лекарства бывают очень дороги. В случае, когда лечение оплачивает государство, оно и выбирает его стратегию. Экономические модели позволяют учесть эффективность лекарства, его стоимость, цену болезни, категории пациентов, которым

показано лечение, и другие факторы и выработать оптимальную методику.

Хотя без математического моделирования не обойтись при разработке лекарственных средств, а его данные необходимы при регистрации, оно не может полностью заменить результаты клинических испытаний. Иными словами, в случае, когда модель рекомендует изменить дозировку, это указание надо подтвердить экспериментом. Но бывают ситуации, когда регуляторный орган сам проводит исследования, в том числе и математическое моделирование, и по их результатам советует изменить дозу. Этот совет обязателен к исполнению, но очень затратен, поскольку подразумевает проведение дополнительных клинических испытаний. В таких случаях математическое моделирование может помочь производителям сэкономить время и деньги, если сумеет дать регулирующей организации обоснованный ответ.

Вот такая история произошла при регистрации производимого в США препарата финголимода, предназначенного для лечения рассеянного склероза. Это аутоиммунное заболевание, при котором активированные лимфоциты проникают через гематоэнцефалический барьер и атакуют клетки центральной нервной системы. Возникают очаги воспаления, которые со временем рубцуются (склеротизируются). Поскольку расположены они хаотично, то есть рассеянно, заболевание получило название «рассеянный склероз». Финголиמוד задерживает лимфоциты в лимфоузлах, и они не могут попасть в ЦНС. Однако если лимфоциты не пускают в кровь, иммунная система человека подавлена и он подвержен всевозможным рискам.







# Химическое сродство



ИНТЕРВЬЮ

Два с половиной года назад мы опубликовали интервью «Большая химия сегодня и завтра» с **Сергеем Викторовичем Голубковым**, доктором химических наук, профессором, лауреатом Ленинской премии, в прошлом — первым заместителем министра химической и нефтеперерабатывающей промышленности СССР, а ныне первым вице-президентом ЗАО «Росхимнефть», вице-президентом Союза химиков РФ (см. «Химию и жизнь», 2011, № 9). Публикация заинтересовала читателей, что и неудивительно. Ведь за каждым словом интервью стоят мудрость, жизненный и профессиональный опыт, глубокие знания, равнодушие и государственное мышление. Мы с легкостью пообещали читателям, что вскоре последует продолжение разговора. Правда, пауза затянулась. Но теперь мы наконец выполняем свое обещание. Второе интервью с С.В. Голубковым, которое взяла главный редактор журнала Л.Н. Стрельникова, также посвящено настоящему и будущему большой химии в России, проблемам и мировым тенденциям.

**Сергей Викторович, после нашего разговора о проблемах большой химии в России прошло два с половиной года. Что-то изменилось за это время?**

Сегодня химия окончательно потеряла вертикаль в управлении. Химическую отрасль с ее сотнями предприятий раздербанили между Минпромторгом, Минпромэнерго и государственной корпорацией «Ростехнологии». По ходу дела часть существенных кусков химии отдали Минобороны, Минсельхозу, РАН и Минобрнауки. Вся сырьевая химия, которая определяет уровень химизации страны, передана Минэнерго, а вся сложная химия — Минпромторгу.

**Но это же возможный подход? Ведь химия проникла во все отрасли экономики — энергетику, транспорт, машиностроение, легкую промышленность, сельское хозяйство, космос.**

Верно, такой подход возможен. Однако здесь есть две серьезные проблемы. Первая заключается в том, что ни в Минпромэнерго, ни в Минпромторге нет достаточного количества профессиональных химиков, которые понимали бы суть химических производств и промышленных процессов, их внутреннюю логику, внутренние и внешние связи. Это очень сложная и опасная в неумелых руках отрасль, поэтому управленцы в химической отрасли обязаны обладать базовыми знаниями в области химии и химических технологий. Вторая проблема — разобщенность предприятий. Растащили химпром по кусочкам в разные стороны, но не подумали о взаимодействии между подотраслями. А между тем химическая отрасль — это единый организм, по сосудам которого текут сырье, полупродукты, продукты, отходы, превращающиеся в сырье. Отдельные части этого организма связаны множеством связей, они взаимодействуют между собой как в любой системе. Это должны понимать министры, а если не понимают, то правительство должно держать эту ситуацию в своих жестких руках.

**Для того чтобы понимать и обеспечивать эффективное взаимодействие, надо постоянно анализировать ситуацию. А с аналитиками у нас в стране тоже проблема. На одном из слушаний в Общественной палате прозвучало, что в органах государственной власти и в силовых структурах не хватает 17 тысяч аналитиков.**

Удивительно, что это кто-то подсчитал. На самом деле, если власть исповедует принципы «рынок все сам отрегулирует» и «все, что надо, купим», то никакая аналитика ей не нужна. Поэтому мнения экспертов власть не интересуют, хотя формальности соблюдены — экспертные советы есть. Однако, как говорят англичане, время и течение реки не ждут человека. Без аналитики невозможно двигаться вперед, разрабатывать стратегии. Еще раз хочу повторить то, о чем мы говорили два года назад. Всем отраслям экономики, включая химпром, всем предприятиям и их владельцам необходимо знать, куда планирует идти государство, чего хочет достичь, каковы цели. Если чем и занимаются министерства во всем мире, так это анализом, прогнозом и планированием. Иначе государство не может функционировать. В этом смысле наше Минэкономразвития со своими функциями не справляется.

**Кстати, сейчас Минпромторг и Минэнерго по поручению правительства РФ разрабатывают стратегию развития химического и нефтехимического комплекса до 2030 года.**

Верно, и вот тут-то аналитика и понадобилась. Минпромторг заказал эту работу российской консалтинговой компании Strategy Partners Group. Наконец-то мы получили хоть какой-то обобщающий документ, толково проработанный в его аналитической части. Иными словами, теперь мы представляем в цифрах мировой и российский химический комплекс. Но, к сожалению, этим анализом стратегия пока что и ограничилась. Главная же ее часть — четкий план действий до 2030 года — пока не получилась. И в этом смысле стратегии нет, так считают специалисты из химической отрасли, потому что на основании слишком общих рассуждений и обязательных модных слов невозможно составить четкий план последовательных действий до 2030 года. Хотя чиновников «стратегия» устраивает, они привыкли к общим туманным формулировкам.

**Почему стратегия не получилась?**

Сам думаю об этом. Либо специалистов подрядили не тех, либо Минпромторг и Минпромэнерго неправильно сформулировали техническое задание.

**Но, как я понимаю, аналитическая часть стратегии вам понравилась. Поделитесь с нашими читателями наиболее интересными цифрами и тенденциями, если, конечно, это не государственная тайна.**

Конечно, это не тайна. Как не тайна и то, что прежняя стратегия развития химпрома до 2015 года была успешно провалена. На самом деле документ лишь подтвердил обобщенными цифрами наше понимание, что мы сильно отстаем от мира по объемам производства и номенклатуре, стоим в стороне от мировых трендов.



Мировая химия продолжает быстро развиваться. Даже там, где ВВП топчется на месте, химия обязательно растет, и растет преимущественно. Сегодня химический комплекс становится локомотивом мировой экономики: к 2030 году его рост превысит рост мирового ВВП в полтора раза. Здесь лидируют страны с крупнейшими экономиками — Китай, США, Япония и Германия. Наше место — тринадцатое. Объем производства российского химического комплекса в три с половиной раза меньше, чем в Германии, в пять раз меньше, чем в Японии, в восемь раз меньше, чем в США, и в десять раз меньше, чем в Китае. А производительность труда — в семь раз меньше, чем в США и Японии. Поэтому неудивительно, что, скажем, тонна ПВХ у нас стоит на 30% больше, чем в США, тонна аммиака — на 15%. То же самое касается полиэтилена низкого и высокого давления.

Впрочем, и сырье у нас дороже: внутренняя цена на газ в России на 21% выше, чем в США. И электроэнергия у нас дороже — в три раза по сравнению с Китаем и в два с половиной раза по сравнению с США. И тарифы на железнодорожные перевозки у нас на 20% выше, чем в США. Не говоря уже об износе основных фондов крупных и средних химических производств, который составил 44,4% в 2011 году. То есть по эффективности российский химический комплекс сильно уступает западному.

**Дело ведь не только в производительности труда и эффективности, но и в номенклатуре продукции, которую мы производим и продаем, в соотношении «экспорт — импорт» и его структуре. Как здесь выглядит Россия?**

Россия по-прежнему выглядит как сырьевая страна, согласившаяся с этим позорным статусом 20 лет назад. Что мы экспортируем? Серу, мочевины, аммиачную селитру, хлористый калий, диаммоний фосфат, аммофос, безводный аммиак, метанол, капролактан, акрилонитрил. Все эти продукты, к слову сказать, мы производим на заводах, созданных еще в советское время. Полиэтилен, полиамиды, ничтожное количество изделий из пластмасс, стеклошарики, технический углерод, стирол, *n*-бутанол, изобутанол, каучук — все это так называемый первый передел, который не может принести большого дохода. Ни одного стоящего продукта!

А что покупаем на Западе? На самом деле покупаем то, что произведено из наших же материалов и веществ, перечисленных выше: химические средства защиты растений, изоцианаты, лаки, эмали и краски, ПАВы, кинофотоматериалы (100%), добавки к полимерам и катализаторы, ПВХ и акриловые полимеры, ПЭТФ, волокна и нити. Последних производим 20 тысяч тонн, а закупаем 175 тысяч, чтобы обеспечить работу мелких фирм, производящих ткани и материалы. Но почему закупаем? Почему не сделать самим, если есть спрос на внутреннем рынке? Ведь умеем же. В СССР мы производили более миллиона тонн волокон в год.

**А что в сегодняшнем мировом химвоме поражает вас больше всего?**

Есть страны, которые не перестают удивлять не только меня, но и весь мир. Это страны БРИК — Бразилия, Индия и Китай. В Китае химический комплекс признан приоритетной отраслью. Он планирует к 2020 году удвоить долю химической продукции в ВВП. И это не пустые декларации — сделают! У Индии тоже грандиозные цели. Она намерена к 2017 году увеличить в три раза объем производства химической продукции (до 290 миллиардов долларов) и занять 6% мирового рынка. Это примеры стран, где осуществляется планомерная государственная политика и поддержка в области большой химии. Да и США занимаются государственной поддержкой низких цен на газовое сырье для химического комплекса, который считается основой новой индустриализации США.

**Неужели все дело только в государственной поддержке и планировании? Может быть, в этих странах есть какие-то дополнительные условия?**

Государственная поддержка, планирование и целеполагание на самом высоком уровне власти — это очень много. Но к этому надо добавить рациональное использование ресурсов и освоение новых технологий. Возьмем, к примеру, Китай. Китайцы сегодня перерабатывают для химии 3 миллиарда 400 миллионов тонн угля в год. Это безумное количество они превращают с помощью газификации в сырье для большой химии. Для сравнения: мы добываем 300 миллионов тонн угля и весь уголь продаем. У нас, конечно, есть газ и нефть, поэтому переработка угля пока не столь актуальна. Но приведенные цифры просто демонстрируют мощь китайского химвома.

А теперь о США. Американцы, начавшие добывать сланцевый газ, тоже планируют за его счет неуклонно повышать долю химии и каждый год приращивать ее на 50 миллиардов долларов. Нам это трудно представить даже в самых смелых мечтах.

В большой химии индикатором развития может служить лакокрасочная промышленность. За последние 11 лет она в России выросла на 6%, то есть, считайте, не выросла вообще, хотя наш президент обещал удвоения с подачи своих государственных чиновников. А в Китае — в семь с половиной раз.

Химический комплекс — одна из самых наукоемких отраслей промышленности. Технологии переработки сырья, изготовления основных продуктов постоянно совершенствуются. Но и здесь нам ловить нечего. Расходы на исследования и разработки в России в области химии в 2011 году были в сотни раз меньше, чем в США и Китае. Причем на Западе инвестированием в исследования и разработки занимаются крупные химические корпорации, такие как американские Dow, DuPont и BASF, выделяющие на эти цели от полутора миллиардов и больше долларов в год. А у нас такой практики нет. Вот и ответ на вопрос, почему они впереди.

**Не получается ли, что поезд уже ушел и у нас нет шансов наверстать упущенное?**

Нет, в России есть все фундаментальные предпосылки для развития химического комплекса. Прежде всего — наличие сырья, нефти и газа, и доступа к нему. В этом смысле мы в гораздо лучшей ситуации, чем Китай, не говоря уже о европейских странах и Японии. Мы также располагаем потенциально крупным внутренним рынком, который надо лишь умело развивать. У нас пока еще есть кадры, научные и технологические. Другое дело, что наши исследователи не вовлечены в решение больших национальных задач в области химии, не получают заказов на исследования и разработки от промышленности и поручений от государства. Да и базовая инфраструктура, на основе которой можно строить современный химический комплекс, у нас тоже есть. Тем обиднее, что Россия катастрофически отстает от мировых лидеров химвома.

**А что значит «современный химический комплекс»? Он чем-то отличается от того, что вы строили еще во времена СССР, в шестидесятые — семидесятые годы, вместе с Леонидом Аркадьевичем Костандовым?**

Сегодня мировые лидеры химвома развиваются за счет создания так называемых кластеров. В определенных местах, где есть хороший доступ к сырью, возводят крупные мощности по производству базовых для большой химии продуктов, скажем, этилена и пропилена. Это — матка кластера. А уже вокруг этих мощностей, на той же территории, строят всю нефтехимию и крупнотоннажную химию. Мелкое же и среднее химическое производство разворачивают ближе к потребителю. Таков общий принцип.

Например, в США 90% всей химии сосредоточено в Техасе. Сюда привозят нефть танкерами, здесь расположены нефтеперерабатывающие заводы, которые поставляют сырье для производства этилена и пропилена. И здесь же этилен и пропилен превращают в основные полупродукты для большой химии. Одним словом, здесь — матка. А конечные продукты компании Dow, DuPont, Kodak, BASF и другие делают по всей стране.



Ключевые слова здесь — крупные мощности. Только они позволяют сделать химические заводы эффективными по энергетике, по использованию территорий. Леонид Аркадьевич Костандов, министр химической промышленности в советские времена, чье столетие мы будем отмечать в будущем году, очень много сделал для создания таких предприятий в нашей стране. По тем временам они были действительно крупными: производство окиси этилена в Дзержинске — 200 тысяч тонн, полиэтилена в Буденновске — 350 тысяч тонн. Но сегодня они выглядят не такими уж и большими, потому что мощности западных кластеров измеряются миллионами тонн. Чем меньше мощность, тем больше эксплуатационные затраты. На производстве полиэтилена в Буденновске работает в пять раз больше людей, чем на миллионнике на Западе. Поэтому и зарплаты, которые зависят от выработки предприятия, у наших работников ниже: в целом фонд оплаты труда на предприятии гигантский, а каждый работник получает очень мало. Промышленные гиганты выигрывают, потому что они способны подвергаться автоматизации, минимизировать численность сотрудников, обеспечивать высокую выработку и высокую зарплату.

**Но мне кажется, что в верхах нашей власти только и говорят о кластерах. Это слово стало модным, как «инновации» и «модернизация».**

Да, говорят, но не понимают, о чем говорят. Пока что у нас нет ни одного кластера, даже в проекте, а на Западе их десятки. Конечно, строительство кластера — дело дорогое, потребуются вложить от пяти до десяти миллиардов долларов за два-три года. Но годовая отдача от такого кластера — как минимум 15 миллиардов! Плюс он обеспечит сырьем всю малую и среднюю химию. Именно по этому пути идут сегодня Индия, Южная Корея, арабские страны Персидского залива.

Однако дело не только в больших инвестициях. Чтобы спроектировать и возвести кластер, надо чувствовать химическое сродство, понимать, какие продукты, важные для экономики, тяготеют друг к другу. А это понимают только химики, которых нет среди людей, принимающих государственные решения, но которые есть в сообществе российских химиков.

**Если у нас есть понимающие химики в промышленности, то почему они не пытаются создавать кластеры? Хотя понятно, что это гигантские деньги, здесь без государства не обойтись.**

Конечно, пытаются в силу своих возможностей. Возьмем, к примеру, «КуйбышевАзот». Этот азотно-туковый комбинат мы построили еще в конце шестидесятих годов. К чести его руководителей, комбинат не только сохранили, но и сумели приспособить к новому времени. Здесь производят аммиак — один миллион тонн в год. Вот вам и matka. Но если прежде аммиак тут же использовали в основном для получения минеральных удобрений — аммиачной селитры и карбамида, то сегодня здесь делают, используя аммиак, капролактамы, а из капролактама — полиамид, основу множества пластиков, пленок и прочных нитей. Вот вам химическое сродство и, по сути, небольшой кластер. А казалось бы, где минеральные удобрения и где полимеры. Кстати, сегодня «КуйбышевАзот» входит в десятку крупнейших мировых производителей капролактама и лидирует в России, СНГ и Восточной Европе по производству полиамида-6. Более того, Виктор Иванович Герасименко, генеральный директор «КуйбышевАзота», купил в Курске предприятие для производства волокон из полиамида, а в Саратовской области — текстильные фабрики, где из этих волокон делают ткани.

**Значит, можно модернизировать старые предприятия и превратить их в кластеры?**

В некоторых случаях — да, но в большинстве случаев — нет. Много крупных химических и нефтеперерабатывающих за-



ИНТЕРВЬЮ

водов (НПЗ) мы строили в советское время на территориях союзных республик — на Украине и в Белоруссии, в Узбекистане, Армении и Азербайджане. Строили специально ближе к источникам сырья и к границам СССР, чтобы облегчить и оптимизировать транспортировку продуктов за рубеж. Сегодня эти заводы нам не принадлежат, а верно служат братским народам. В результате у нас остались предприятия, расположенные не на месторождениях, не на границах и не той мощности. А это означает, что нам необходимо возводить новые кластеры большой мощности на территориях, привязанных к сырью и транспортной инфраструктуре. Кстати, белорусы на больших НПЗ, которые мы построили много лет назад в Мозеле и Новополюцке, перерабатывают нефть лучше, чем мы.

**Разве у нас нет крупных нефтеперерабатывающих заводов?**

В том-то и дело, что нет! И это на самом деле катастрофа. У нас есть сотни так называемых НПЗ. Но это одно название, потому что производительность такого заводика в лучшем случае 100 тысяч тонн, а на Западе — 50 миллионов! Много мелких НПЗ — это очень плохо. Поэтому у нас глубина переработки нефти никакая, а последствия очевидны. Вот вам лишь один пример — отвратительные дороги. Они такие во многом потому, что у нас нет высококачественного битума.

Глубина переработки обеспечивается вторичными процессами — крекингом и риформингом, которые требуют соответствующих катализаторов, высокой температуры и так далее. Вы же сами подробно об этом писали (см. «Химию и жизнь», 2010, № 1). А когда установки маленькие, то невозможно ставить эти процессы, не те объемы. Вот почему на мелких НПЗ мы не можем получить качественный бензин, качественный керосин, качественный битум. Мы сами себе вред, когда заявляем, что делаем бензин евро-4. Это невозможно сделать без глубокой переработки. Хорошее топливо можно получить только за счет хорошего процесса, а на мелких НПЗ хорошие процессы не работают.

Считается, что если в стране перерабатывается тонна нефти на одного жителя в год, то этот человек должен быть счастлив. Вот такая своеобразная мировая норма. Есть, правда, одна оговорка — «грамотно перерабатывается». Мы добываем больше 500 миллионов: около 300 миллионов перерабатываем на своих мелких НПЗ, а остальные 200 миллионов отправляем на экспорт, и слава Богу, что пока нашу нефть покупают. Иными словами, мы перерабатываем не тонну нефти на человека, а целых полторы тонны, но счастья нет. И все потому, что перерабатываем плохо, тратим много энергии и сырья, чтобы выдать плохой бензин, дизель и мазут. И если на Западе октановое число бензина повышают хорошей химией, увеличивая содержание разветвленных углеводородов в светлых фракциях, то мы добавляем ароматику, а это преступление.

**Вы меня убедили, что строительство крупных современных НПЗ и мощных кластеров — это единственный путь развития химической промышленности и в России, и в мире. Но все это энергоемкие предприятия. Где взять**



**столько дополнительной энергии, если сегодня мы потребляем всю энергию, что производят электростанции? Откуда возьмется лишняя?**

Это ключевой вопрос. «Пока в России будет столько металлургии, не будет химии». Так говорил Леонид Аркадьевич Костандов и был прав. И металлургия, и химия — энергопотребляющие отрасли. Конечно, крупнотоннажные химические заводы нового типа, которые сегодня строят на Западе, могут полностью обеспечивать себя энергией сами, поскольку основные химические реакции в промышленных процессах протекают с выделением тепла. Энергия для комплекса по производству, к примеру, аммиака или этилена требуется лишь при запуске. Но все остальные процессы, которые дают нам материалы и готовую продукцию, энергозатратны. Мы говорили с вами об этом в прошлый раз. И здесь надо выбирать, на что энергию тратить, потому что и химикам, и металлургам ее не хватит. Не случайно американцы охотно соглашались, чтобы металлы для США делали в других странах и тратили на это свою энергию в огромных количествах. Их устраивает, что весь алюминий для США мы делаем у себя, в России, пусть и из чужого сырья. Они пускают нас на рынки, а в ответ поставляют легированные металлы, которые делают сами, но по очень высоким ценам. По производству алюминия Россия занимает второе место в мире (после Китая), а по его экспорту — первое место. То же самое с никелем: и по производству, и по экспорту мы держим первое место в мире. Но подумайте, сколько энергии мы тратим на производство трех миллионов тонн алюминия, причем не для себя? Разве это не преступление в государственном масштабе? Вот куда уходит ценная энергия, которая могла бы питать химические кластеры и современные НПЗ крупной мощности. Вот почему доля химии в ВВП — около двух процентов. И это, увы, наша государственная политика.

**Но может быть, дело в том, что химия пока что не может заменить металлургию в самых разных отраслях хозяйства?**

Речь не идет о том, чтобы отказаться от металлургии. И алюминий конечно же производить надо, но производить в первую очередь для себя, для своей авиационной промышленности. Я говорю лишь о перераспределении ресурсов и рынков в тех случаях, где это оправданно, там, где металлургия и химия выступают своего рода антагонистами. Возьмем, к примеру, трубы для газификации территории России. Можно, изрядно намучавшись, проложить тяжелые металлические трубы, а потом регулярно их менять через короткие промежутки времени, потому что из-за коррозии они будут выходить из строя. А можно проложить современные полимерные трубы, легкие и прочные, которые будут служить без замены семьдесят лет. Для тех, кто занимается газификацией, и для потребителей выбор очевиден. Но решение будет зависеть от лоббирования. И если металлурги пролоббировали тяжелые трубы, то для легких места не будет.

Впрочем, этот пример скорее в пользу химии, потому что в данном случае здравый смысл возобладал. Газовики выбрали легкие полимерные трубы для газификации сел и деревень. Здесь интересы совпали, и жизнь заставила. Но в домостроении мы по-прежнему используем несовременные, неэкономичные по комплексу свойств металлические трубы. У нас даже нет строгих государственных нормативов (СНиПов) на полимерные трубы для домов, хотя их используют во всем мире.

В этом смысле мы отстали от мировых тенденций. Сегодня благосостояние стран, входящих в лидирующую группу, во многом обеспечивается именно большой химией. На Западе давно поняли значение химии, нашли ниши, где химия может заменить, например, металл, природные волокна, дерево. Сегодня, скажем, синтетические волокна заменяют или до-

полняют шерсть и хлопок, лен и шелк. И если корпуса старых телевизоров и машин были сделаны из дерева и металла, то сегодня это пластик.

С другой стороны, и сама химия радикально изменилась за последние годы, встав на путь, который в свое время прошла металлургия, — от чугуна к легированным сталям, от алюминия к силуминам, сплавам алюминия с кремнием, от чистого кремния к сплавам с редкими землями. Иными словами, от чистого металла — к сплавам с заданными свойствами. Сегодня химики называют свои монопродукты «чугуном», например — чистый полиэтилен и изделия из него. Чистый полиэтилен, как и чистый чугун, хрупкий. Полиэтиленовая или полипропиленовая пленка и года не выдерживает — это хорошо знают дачники, которым приходится обновлять парники каждую весну. А вот современная полимерная газовая труба — это уже не чугун, а «легированная сталь». Она сделана из сополимера этилена с одним-полтора процентами децена ( $C_{10}H_{20}$ ). В результате получается чрезвычайно пластичный, прочный и долговечный материал. Весь мир отказывается от «химического чугуна», а мы продолжаем в основном производить именно его.

Раньше мы искали крупные чистые месторождения — чистый газ, самородное золото. А теперь извлекаем золото вместе с ураном, ищем небольшие месторождения, в которых есть все. В этом смысле показателен пример сланцевого газа. Это жирный газ, в нем много самых разных углеводородов, и при переработке американцы сразу получают многовариантность. Есть, конечно, проблема — чем и как заполнять пустоты в земле. Но в каждом хорошем деле есть отрицательные моменты. Просто надо придумать, как эти проблемы решить, не сегодня, так завтра.

**Сланцевый газ, конечно, жирный. Только, боюсь, из-за этой так называемой малой нефти у нас будут большие проблемы. Как вы думаете, когда Запад перестанет покупать у нас нефть?**

В таких объемах, как сегодня? Через два-три года. Так что сланцевый газ приведет нас или к коллапсу, или в чувство. Но если начать сейчас, то за это время можно построить пару кластеров. А в том, что мы можем это сделать, я не сомневаюсь. Ведь построили же к Олимпиаде олимпийский комплекс в Сочи с его совершенными сооружениями, построили за три года «Северный поток», по которому теперь можно доставлять газ в Англию, и трехкилометровый порт-терминал «Сибур» на Балтике. Это гигантские достижения, дающие надежду. Другое дело, что времени на рассуждения не осталось. Надо принимать грамотные решения и немедленно действовать. А для этого нужна настоящая стратегия развития химического комплекса России до 2030 года.

**Как сделать стратегию «настоящей»?**

Так, как это делают сейчас во всем мире. Первое, что необходимо сделать государству, — сформулировать цели: где мы должны оказаться в 2030 году, в каком направлении развивать химическую отрасль, чтобы принести максимальную пользу отечеству. Во-вторых, государство должно назвать цены на сырье, электроэнергию и транспорт до 2030 года, дать под эти цены государственные гарантии. Вот, собственно, и все, что требуется от высокой власти на первом этапе. А дальше на основании этих базовых параметров и анализа мировой ситуации, который уже выполнен, сообщество промышленных химиков сформулирует стратегию, по сути — дорожную карту, по которой должна двигаться химическая отрасль шаг за шагом, чтобы в 2030 году выйти на запланированные показатели. В сущности, это и есть вдумчивое, профессиональное, ответственное, государственное планирование, искусство которого в коридорах российской власти сегодня, видимо, утрачено.





## Лечение суставов

Хрящ для восстановления суставов напечатан на принтере.

Агентство  
«AlphaGalileo»,  
28 апреля 2014 года.  
Агентство  
«NewsWiise»,  
27 апреля 2014 года

При износе или повреждении коленного сустава показана операция — замена его на искусственный. Современные технологии позволяют сделать сустав и естественным, вырастив недостающий хрящ из собственных клеток пациента. Для этого операцию проводят дважды. На первом этапе из здорового сустава забирают небольшое количество клеток. Три недели их размножают в лаборатории, а затем делают вторую операцию — имплантируют клетки в место повреждения, причем зачастую вместе с клетками туда заливают и гелеподобную матрицу. Клетки занимают в ней места, размножаются, и вырастает новый хрящ, прикрывающий кость. Однако две операции увеличивают и без того высокую цену лечения.

Медики из немецкой компании «Amedrix» во главе с доктором Томасом Грэве при помощи коллег из Фраунгоферовского института инженерии интерфейсов и биотехнологии сумели разработать одностадийную операцию и даже получили в декабре 2013 года разрешение на ее использование. Они обходятся без извлечения клеток пациента, впрыскивая в место повреждения жидкий препарат, содержащий чистый коллаген (на фото). На месте он за несколько минут принимает нужную форму и быстро заселяется собственными клетками организма. За полгода утраченный хрящ восстанавливается полностью.

А что делать, если жидкий препарат не принимает нужную форму или клетки не хотят формировать ткань так, как требуется? Для этого может пригодиться трехмерная печать хряща непосредственно в теле пациента. Над такой технологией работают исследователи из Питтсбургского университета под руководством доктора Рокки Туана. Сейчас он печатает хрящи из смеси стволовых клеток пациента, нановолокнистого материала и биологически активных веществ, обеспечивающих рост клеток. Чтобы сформировать шаблон, волокна сплавляются друг с другом под действием видимого света — это гораздо лучше, чем традиционно используемый ультрафиолетовый луч, убивающий клетки. В будущем же препарат станут впрыскивать в сустав, а затем с помощью светопроводящего катетера создавать там хрящ нужной формы. Метод особенно поможет пациентам с остеоартритом, разрушающим суставы пальцев.



## В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

### Клещ-спринтер

Найден самый быстрый бегун на Земле.

Агентство  
«NewsWiise»,  
27 апреля 2014 года.

Если бы калифорнийский клещ *Paratarsotomus macropalpis* был размером с человека, он бы бежал со скоростью 1600 км в час. Именно такое значение, 322 длины тела в секунду, дала высокоскоростная съемка этого паукообразного, которую сделал Самуэль Рубин, студент колледжа Помоны в Калифорнии. Предыдущий рекорд принадлежал австралийскому жуку-тигру — 171 длина тела в секунду. Самому быстрому млекопитающему, гепарду, до таких подвигов далеко, он пробегает всего 16—20 длин тела в секунду.

Изучали рекордсмена не ради научного любопытства, а для решения важной задачи. Известно, что по мере уменьшения размера животных скорость их движений возрастает. Студент хотел понять, существует ли предел для этого возрастания. Пока что ответ на этот вопрос не получен — как ни велика скорость движения клещиных лапок, нет гарантии, что она не может быть еще больше. Однако если разобраться с кинематикой клеща, можно попытаться потом воспроизвести принципы его движения в каком-то механизме и получить скоростное средство передвижения. Или хотя бы высокоскоростного мини-робота, если окажется, что наши материалы не позволяют масштабировать клеща-рекордсмена, — ведь чем выше скорость движения лапок и больше их размер, тем сильнее испытываемые ими динамические нагрузки.

## В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

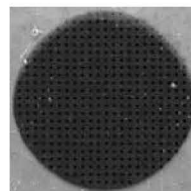
### Тоньше не бывает

Сделана мембрана толщиной в два атома.

«Science», 2014,  
344, 289—344;  
doi: 10.1126/  
science.1249097

Чем тоньше мембрана, тем ниже ее сопротивление движению жидкости, выше скорость потока и ниже затраты энергии на фильтрацию. Швейцарские физики во главе с профессором Хьюн Парком из цюрихской Высшей технической школы сделали мембрану из двух слоев графена. Тоньше уже невозможно: однослойный графен имеет дефекты, а наложенные друг на друга, его слои обеспечивают сплошность всей конструкции. В этом материале с помощью фокусированного ионного пучка прожгли отверстия заданного размера (на фото их диаметр — 50 нм). Так и получилась тончайшая мембрана.

Авторы работы видят для нее два основных применения. Прежде всего, это разделение веществ — фильтрация жидкостей и газов. Меняя размер пор, можно делать мембраны, рассчитанные на отделение молекул того или иного размера. В частности, уже доказано, что такая мембрана прекрасно очищает воду от примесей. Другое применение — защиты тканей от намокания, при этом по способности «дышать» эта мембрана в тысячу раз превосходит знаменитый гортекс, а по легкости с ней мало что может сравниться. Поскольку в работе участвовали и специалисты из компании LG, видимо, за внедрением нового материала дело не станет.



## В з а р у б е ж н ы х л а б о р а т о р и я х

### Рукотворное ископаемое

Энергию от альтернативных источников нужно превращать в природный газ.

Агентство  
«AlphaGalileo»,  
22 апреля 2014 года

В природе солнечный свет и углекислый газ становятся органическим веществом благодаря фотосинтезу. В недрах земли из останков растений образуются углеводороды, в частности, метан. Подражать этому процессу хотят некоторые идеологи альтернативной энергетики. Как известно, ее главная проблема — сильная зависимость от погоды и нестабильность поставки электричества в сеть. Если же потратить это электричество на синтез метана, то последний можно закачивать в имеющуюся газовую инфраструктуру и расходовать по мере необходимости. Пока что такому решению мешает высокая стоимость получающегося газа.

Инженеры из Технологического института Карлсруэ строят установку, которая позволит проверить: удастся ли обеспечить 85% эффективности при конверсии альтернативной энергии в газовую и соответственно, приемлемую стоимость. Суть же идеи такова. Электричество расходуется на электролиз воды. Получившийся водород вступает в реакцию с угарным или углекислым газом и дает метан, выделяя изрядное тепло. До сих пор это тепло пропадало. А инженеры из Карлсруэ предлагают нагревать им воду под давлением: электролиз при 800°C идет гораздо эффективнее. Если этот опыт удастся, в ЕС возникнет новый интересный источник природного газа, причем почти безупречный с точки зрения охраны окружающей среды. Надо будет только решить, что делать с выбросами кислорода в месте расположения энергетической станции: хотя в массовой культуре O<sub>2</sub> считается «хорошим» газом, абсолютно безопасным его назвать нельзя.



# Ксенон: факты и фактики

А. Мотыляев

## Может ли инертный газ вступать в химические реакции?

Да, наиболее тяжелые инертные газы — криптон, ксенон и радон — вступают в химические реакции, образуя при этом ковалентные связи. Первыми были получены фториды ксенона, а сделал это канадский исследователь Нил Бартлет (интервью с ним см. в «Химии и жизни», 1982, № 2). В 1956 году он пытался очистить шестифтористую платину от бромидов с помощью фтора. Для этого в кварцевую трубку он поместил гексафторид, нагрел и стал пропускать фтор. Пошли красные пары, причем в большом количестве, как будто бы не соответствующем возможному содержанию примесей брома. Приглядевшись, исследователь заметил, что на холодном конце трубки оседают кристаллы. Они оказались вовсе не соединением брома: гексафторид умудрился отобрать электрон у кислорода и превратиться в соединение  $O_2PtF_6$ . А вскоре Бартлету во время подготовки к лекции попала в глаза диаграмма — зависимость потенциала ионизации от номера элемента. Из нее следовало, что у ксенона потенциал ненамного меньше, чем у кислорода. Значит, аналогичная реакция может пройти и с этим инертным газом. После лекции Бартлет прошелся по друзьям, раздобыл ксенон и провел реакцию. Она получилась: инертный газ прореагировал с гексафторидом и дал желтые кристаллы. Увы, Нобелевская премия Бартлету не досталась, хотя событие было долгожданным. Первым о химических соединениях ксенона в 1924 году заговорил некто Антипофф — химик из Германии, а в 1954 году о них же упомянул Лайнус Полинг — существование фторидов ксенона следовало из его теории резонанса. Сейчас фторид ксенона служит мощным окислителем при проведении химических реакций — при нормальных условиях это твердое вещество, поэтому работать с ним несравненно удобнее, чем с газообразным и крайне опасным фтором или жидкой плавиковой кислотой. Правда, и гораздо дороже, ведь сам по себе ксе-

нон стоит немало. С тех пор было получено более сотни соединений ксенона, причем не только с фтором: активно развивается химия углеводородных соединений этого элемента. Есть мнение, что его атомы можно включать в цепочку любого полимера, было бы желание (см. «Химию и жизнь», 2003, № 7—8). Имеются и соединения с несколькими атомами ксенона, например  $NXeOxH_n$ . Некоторые гидридные соединения Хе метастабильны и, обладая большим запасом энергии, способны взрываться. Этому препятствует высокий энергетический барьер («Accounts of Chemical Research», 2009, 42, 1, 83—191; doi: 10.1021/ar800110q). Пока что гидридные и углеводородные соединения ксенона получают при низкой температуре, в матрицах из замороженного ксенона, но ученые надеются перейти и к реакциям в газовой фазе.

**Что такое ксеноновый лазер?** Лазер на возбужденном димере ксенона — эксимерный лазер (от английского excited dimer) — в 1971 году сделала группа нобелевского лауреата академика Н.Г.Басова в Физическом институте АН СССР им. П.Н.Лебедева. В таком лазере атомы ксенона, возбуждвшись под действием пучка электронов, формируют молекулы  $Xe_2$ . При снятии возбуждения молекула излучает ультрафиолетовый квант с длиной волны 172 нм и распадается. На этом принципе были созданы эксимерные лазеры на галогенидах ксенона. Лазер на хлориде ксенона получил широкое распространение в медицине: он излучает на длине волны 308 нм, то есть попадает почти в середину так называемого В-диапазона ультрафиолета — того самого, от которого надо защищаться. Но медики обратили сильную биологическую активность этого излучения на пользу: ксенон-хлоридный лазер служит для лечения псориаза и витилиго (потеря пигментации на отдельных участках кожи). В первом случае он уничтожает Т-лимфоциты в псориазных бляшках — считается, что именно миграция этих клеток в верхние слои кожи и выделение там сигнальных веществ вызывает хроническое воспаление. А во втором случае обработка

<b>Xe</b>	<b>54</b>	
131,29±3		8 18 18 8 2
КСЕНОН	5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup>	

пораженных болезнью участков тела лазером по два-три раза в неделю на протяжении полугода восстанавливает пигментацию более чем на три четверти. Впрочем, так же действовала и лампа на хлориде ксенона, дающая некогерентное излучение («British Journal of Dermatology», 2012, 167, 3, 468—478; doi: 10.1111/j.1365-2133.2012.11008.x).

## Зачем нужны лампы с ксеноном?

Прежде всего для получения ультрафиолета. Раньше источником ультрафиолета служили ртутные лампы, однако ртуть вредна, и от нее стремятся избавиться. Пары ртути можно заменить как на чистый ксеноновый димер, так и на димер в смеси с галогенами. Это позволяет получать ультрафиолет в широком диапазоне, от коротковолнового до длинноволнового. Такие лампы находят применение в фотолитографии, фотопечати, обеззараживании помещений, разложении органических отходов, фототравлении полимеров. Особенно хорошо загорать под ксенон-хлоридной лампой. Есть и другие типы ксеноновых ламп — в них электрическая дуга светится в атмосфере ксенона и дает чрезвычайно яркий свет, эти лампы используют в кинопроекторах и в качестве театральных софитов. Мощность ксеноновых ламп бывает огромной: так, в СССР создали уникальную лампу «Сириус» мощностью 300 кВт, способную осветить целую городскую площадь. В автомобильных фарах, известных под названием ксеноновых, на самом деле стоят металл-галидные лампы. В них сначала очень быстро загорается дуга в атмосфере ксенона, она не только светится, но и нагревает соли натрия и скандия. Их пары и дают основной свет такой лампы; он получается синеватым, в отличие от желтоватого света лампы с вольфрамовой спиралью. Свет ксеноновой фары очень ярк, и во избежание ослепления встречных водителей ее надо хорошо регулировать. Возможно, поэтому у законодателей то и дело возникает желание запретить ксеноновые фары. Ксенон может присутствовать и в галогеновой лампе. Ее вольфрамовая нить защищена слоем галогена и спрятана в колбе, которая может быть



помещена в тяжелый инертный газ: он гораздо хуже проводит тепло, чем воздух, и это продлевает жизнь спирали.

**Как гадают на ксеноне?** Гаданиями по благородным газам занимаются геологи и планетологи. Ксенон предоставляет им обширное поле деятельности, поскольку имеет несколько радиоактивных изотопов с продолжительным временем жизни. База же для гадания такая: ксенон, не вступая в химические реакции с веществами, образовавшими нашу планету, может в них только растворяться. А тот, что не растворился, должен улететь прочь на ранних стадиях образования небесного тела, так называемом этапе дегазации. Поэтому несовпадение соотношения концентрации изотопов этого газа в породах позволяет высказать догадки об их происхождении. Например, известно, что отношение радиоактивного Хе-129 к стабильному Хе-130 в островных базальтах (таких, как сформированные вулканами в Исландии) меньше, чем в базальтах океанических хребтов. Хе-129 образуется из I-129, а тот должен был исчезнуть спустя 100 миллионов лет после образования планеты, и, значит, это соотношение — запись о древних событиях. Но прочитать ее можно по-разному. Например, трактовать различие как наличие резервуара стабильного ксенона в нижней мантии, материал которой и поступает в островные базальты через вулканы. Или предположить, что в островные базальты попадает ксенон из воздуха, оттого они и обогащены стабильным газом. Есть и третья версия: мантия Земли унаследовала летучие компоненты по крайней мере из двух источников, и ни 4,45 миллиарда лет перемешивания, ни событие, приведшее к извержению Луны, не стерли это различие («Nature», 2012, 486, 7401, 101—104; doi: 10.1038/nature11141).

Другая запись — значительное снижение отношения ксенона к аргону в атмосферах Земли и Марса по сравнению с хондритовыми метеоритами. В последних содержится запись об исходном соотношении изотопов в протопланетном облаке. Причиной его нарушения на Земле может быть различная растворимость этих газов в кристаллическом перовските  $\text{MgSiO}_3$ : аргон в нем остался, а ксенон улетел. Это означает, что перовскит кристаллизовался на ранних этапах и сохранил аргон в нижней мантии.

Измерение концентрации ксенона-131, 133 и 135 в атмосфере — важный метод контроля при испытаниях ядерного оружия, авариях на атомных электростанциях, а также при любой обработке радиоактивных материалов. Дело в том, что каждый из этих

видов деятельности дает свой набор изотопов, и по их соотношению можно вычислить источник. Например, измерения Хе-133 в атмосфере позволили немецким физикам определить, что после взрыва на АЭС в Фукусиме радиоактивное облако быстро поднялось в тропопаузу и отправилось в путешествие по земному шару. А в приземном слое над Германией это облако появилось лишь спустя несколько дней после того, как оно прошло на больших высотах («Journal of the Environmental Radioactivity», 2014, 32C, 94—99; doi: 10.1016/j.jenvrad.2014.02.002).

#### **Как ксенон используют в космосе?**

Ксенон, самый тяжелый из стабильных инертных газов, как нельзя лучше подходит на роль рабочего тела реактивного ионного двигателя. Напомним, что в реактивном двигателе тяга создается за счет выброса рабочего тела: унося прочь импульс, он придает импульс противоположного знака разгоняемому объекту. А поскольку импульс — произведение массы на скорость, то чем тяжелее рабочее тело, тем лучше. В ионном двигателе ионы ксенона разгоняют электрическим полем. Тяга получается небольшая, но двигатель работает долго, годами, и за это время может разогнать корабль до огромных скоростей. Такие двигатели применяют для длительных экспедиций к планетам Солнечной системы. Ионные двигатели служат и для маневрирования космических кораблей.

**Как ксеноном ловят частицы темной материи?** Детектор XENON100 из 62 кг жидкого ксенона установлен в итальянской обсерватории Гран-Сассо в 2011 году. А в 2013 году 118 кг жидкого ксенона было залито в криостат детектора LUX (Large Underground Xenon, большой подземный ксеноновый) Стенфордского университета в Южной Дакоте. В 2013 году в Гран-Сассо начались работы по установке детектора в одну тонну. Суть идеи такова. Охлажденный ксенон — плотная, 3000 кг/м<sup>3</sup>, жидкость, состоящая из массивных атомов. Если частица темной материи попадет в атом, тот возбудится и выдаст квант света. При этом следует ожидать его ионизации, и вылетевший электрон, пройдя сквозь 30-сантиметровую толщу ксенона (такому пути соответствует время жизни свободного электрона в нем), попадет в детектор и даст вторую вспышку. Холодная жидкость — лучший материал для такого опыта, поскольку в твердом теле кристаллическая решетка могла бы все эти сигналы рассеять, а чем выше температура, тем больше возникает ошибок. Поэтому и понадобился благородный газ, сохраняющийся в виде жидкости при сильном



ЭЛЕМЕНТ №...

охлаждении. Ксенон сам по себе слабо радиоактивен. Кроме того, снаружи детектор закрыт слоем ксенона весом в 100 кг. Учитываются только события, прошедшие внутри, а внешний слой служит для анализа фона.

#### **Что такое ксеноновая анестезия?**

Ксенон, как инертный наполнитель, вводят в смеси для дыхания подводников, где он заменяет азот. Именно при работе с такими смесями в 1939 году был обнаружен эффект ксенонового опьянения. Поскольку другой газ с подобным свойством — веселящий газ, или закись азота  $\text{N}_2\text{O}$ , — обладает анестезирующим эффектом, возникла мысль использовать ксенон и в этом качестве. Идея оправдалась: ксенон оказался прекрасным средством для общего наркоза. Он совсем не сказывается на кровеносной системе и быстро выводится из организма, так что многие считают его идеальным средством для анестезии. В Германии ксеноновая анестезия была разрешена в 2005 году, во всех странах ЕС — в 2007-м. Более того, оказалось, что ксенон (и в меньшей степени аргон) защищает нервные клетки, отключенные от кровоснабжения, то есть служит нейропротектором, что делает его незаменимым средством при нейрохирургии. Он же помогает лечить последствия нарушений мозгового кровообращения. Липосомные капсулы с ксеноном, которые давали подопытным животным даже спустя пять часов после инсульта, улучшали их состояние, а наиболее эффективной была «ксенотерапия» в течение первых трех часов («CNS Neuroscience & Therapeutics», 2013, 19, 10, 773—784; doi: 10.1111/cns.12159). Способность ксенона и аргона замедлять апоптоз доказана прямыми опытами на культурах клеток, которых травил всякими способами: когда эксперимент ставили в атмосфере, где азот был заменен ксеноном и аргонем, число погибших клеток резко уменьшалось. Другие инертные газы — криптон, неон или гелий — такого эффекта не давали. Главный недостаток ксенона — высокая цена, 10 долларов за литр, поэтому медики рассчитывают, что замкнутые



системы дыхания пациента, в которых ксенон используется многократно, обеспечивают более широкое распространение ксенонового наркоза.

#### Как работает ксеноновый наркоз?

Пока что это неясно. Известно, что ксенон гидрофобен: в оливковом масле он растворяется в десять раз лучше, чем в воде. А с 1899 года известно, что чем гидрофобнее вещества, тем лучше оно работает в качестве средства для наркоза. Предполагается, что ксенон, растворяясь в липидной мембране нейрона, как-то меняет ее свойства. Есть также мнение, что он присоединяется к N-метил-D-аспартат-рецептору глутамата, тем самым нарушая прохождение нейросигнала. Однако с этим рецептором связываются также веселящий газ и кетамин, а они для нейронов токсичны, чего нельзя сказать о ксеноне. Поэтому биохимики ищут другие рецепторы того же глутаматного пути, которые могли бы оказаться мишенью ксенона, и порой их находят. Кроме того, ксенон взаимодействует с серотониновыми и ацетилхолиновыми рецепторами нейронов.

#### Как используют ксенон для медицинских исследований?

Ксенон — отличный контрастный агент, применяемый в томографических рентгеновских и ядерно-резонансных исследованиях. В первом случае его закачивают в легкие и затем облучают пациента рентгеном, наблюдая, как ксенон распределен в легких, и таким способом обнаруживая дефекты в их строении. Для ЯМР ксенон хорош тем, что, обладая большим числом электронов, он чувствует малейшие изменения в составе окружающих веществ, и это сказывается на магнитных свойствах ядра. Кроме того, можно создать поляризованный препарат ксенона, в котором большинство ядерных спинов будет направлено в одну сторону. При этом используется интересная техника гиперполяризации: сначала лазером поляризуют атомы рубидия, затем, сталкиваясь с атомами ксенона и образуя с ними ван-дер-ваальсовы молекулы, рубидий передает ядру ксенона направление магнитного момента. Такие гиперполяризованные атомы сохраняют свое направление несколько минут и за это время успевают распределиться в организме, собираясь в тех тканях, где много липидов, в которых ксенон лучше всего растворяется. По распределению сигнала ЯМР от таких атомов на томограмме можно легко увидеть разные ткани, а по изменению тонких параметров магнитного резонанса — узнать их состав.



# Робинсон: десять именных и ошибка

Согласно справочнику К.В.Вацура и Г.Л.Мищенко «Именные реакции в органической химии» (Москва: Химия, 1976), английский химик Роберт Робинсон — один из наиболее выдающихся химиков-органиков. Его имя фигурирует (часто с соавторами) в десяти именных реакциях. Больше только у классика органической химии Эмиля Германа Фишера (1852—1919).

Роберт родился в 1886 году в богатой семье промышленников. После школы поступил в Манчестерский университет, намереваясь изучать математику. Но отец хотел, чтобы сын продолжил семейный бизнес — производство хлопчатобумажных материалов, и Роберту пришлось заняться химией. В то время химический факультет Манчестерского университета возглавлял Уильям Перкин-младший (1860—1929), сын знаменитого Перкина, синтезировавшего первый анилиновый краситель мовеин. Там же работал Хаим Вейцман, химик и будущий президент Израиля, а вместе с Робинсоном учился будущий лауреат Нобелевской премии по химии Уолтер Хоуорс. Роберт окончил университет в 19 лет с отличием, и Перкин пригласил его в свою лабораторию; там Робинсон изучал природные красители. Докторскую степень он получил в Манчестерском университете в 1910 году, что позволило ему занять должность профессора органической химии в Сиднейском университете. В последующие годы он занимал профессорские кафедры в университетах Ливерпуля, Манчестера, Лондона и Оксфорда, несколько лет был президентом Лондонского королевского общества.

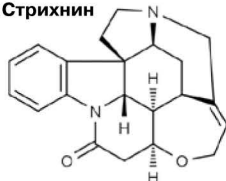
Выдающиеся достижения Робинсона связаны прежде всего с исследованием алкалоидов. Выяснение их строения и тем более синтез были тогда исключительно трудной задачей. Например, в 1910 году Робинсон опубликовал первую работу по изучению строения стрихнина: структура молекулы с шестью циклами (что правильно) содержала два атома азота в одном шестичленном цикле (что неверно). Лишь спустя 35 лет он пришел к правильной формуле. Синтезировать же стрихнин лишь через девять лет удалось Роберту Вудворду.

Робинсон за долгую жизнь успел многое: исследовать эфиры фосфорной кислоты и моносахаридов (6-фосфат D-глюкопиранозы называется эфиром Робинсона), синтезировать многие природные красящие вещества — антоцианы, установить строение и синтезировать многие алкалоиды. Он стал одним из создателей химии антибиотиков и внес вклад в теоретическую химию; кривые стрелки электронных смещений — его изобретение. В 1947 году ему была присуждена Нобелевская премия по химии «за исследование некоторых продуктов большой биологической важности, в первую очередь алкалоидов».

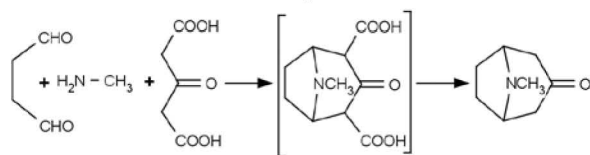
Известный химик-органик Рихард Мартин Вильштеттер, лауреат Нобелевской премии за 1915 год, синтезировал в 1901 году бициклический тропинон, предшественник синтеза атропина, который применяется в медицине. Ему пришлось провести почти два десятка последовательных стадий. А Робинсон мысленно расчленил молекулу тропинона на фрагменты: янтарный диальдегид, метиламин и ацетондикарбоновую кислоту. И при проведении реакции между этими тремя веществами тропинон был получен в одну стадию!

Робинсон был весьма разносторонним человеком. Он увлекался музыкой, фотографией, садоводством, туризмом, шахматами, вместе с Робертом Вудвордом основал журнал «Tetrahedron», завоевавший авторитет среди химиков во всем мире. При этом он был известен скверным характером и критическим отношением к коллегам. Робинсон мог упорно придерживаться неверных идей и сердился, если ему противоречили. Рассказывают, что он бросил чернильницу в коллегу, который осмелился усомниться в правильности предложенной Робинсоном структуры пенициллина (через два года выяснилось, что коллега был прав). Однажды Вудворд сказал: «Вообще-то сэр Роберт — совершенно несносная личность. Он не сказал ни единого доброго слова ни об одном химике в мире». Химик Владимир Прелог выразил сомнение, и Вудворд признал, что именно о Прелог Робинсон однажды отзывался положительно: «Прелог, конечно, паршивый химик, но славный парень».

Стрихнин



Синтез тропинона







## ПРОГУЛКИ ПО ИСТОРИИ ХИМИИ

Был случай, когда сам Робинсон публично признался в ошибке. Она касалась состава нефти. Обычно в нефтях немного больше нечетных углеводородов, что объясняют декарбоксилированием жирных кислот в органических остатках (в них обычно содержится четное число атомов углерода). В 1966 году Дж. В. Бруннок опубликовал в «Nature» данные о преобладании в двух нефтяных месторождениях Ливии и Нигерии четных углеводородов в области  $C_{40}$  —  $C_{46}$ . Робинсон в том же году и в том же журнале дал объяснение: если в земной коре при повышенных температурах и давлениях происходит распад молекул углеводородов с образованием осколков — свободных радикалов, то при их повторном случайном соединении должны образоваться преимущественно четные углеводороды. Рассуждал он так. Допустим, молекулы углеводородов случайным образом разрываются на два фрагмента, которые затем так же случайно рекомбинируют. При этом из «нечетного» углеводорода должен получиться один четный и один нечетный радикал. При случайном же разрыве на два фрагмента четной молекулы должны с равной вероятностью получиться либо два четных радикала, либо два нечетных. Значит, при большем числе разрывов мы получим одинаковое количество и тех и других. Это верно, но дальше Робинсон

ошибся. Он считал, что если в случайном процессе встретятся два четных радикала, то новая молекула будет четной; то же произойдет при рекомбинации двух нечетных радикалов. Если же встретятся четный и нечетный, то получится «нечетная» молекула. Таким образом, имеются как будто два шанса против одного, что при случайной рекомбинации радикалов образуется углеводород с четным числом атомов углерода. Но это не так. И Робинсон сообщил о своей ошибке в короткой заметке, опубликованной 15 апреля 1967 года в «Nature». Вот что в ней говорилось: «В частном сообщении Дж. В. Бруннок обратил мое внимание на то, что простое арифметическое объяснение преобладания углеводородов с четным числом атомов углерода неверно. Поскольку, помимо рассмотренных ранее вероятностей для рекомбинации четное — четное, нечетное — нечетное и нечетное — четное, следует также добавить четное — нечетное. Таким образом, вероятность получить молекулы с четным и нечетным числом атомов углерода становится одинаковой, с чем мне следует согласиться. Так, если предположить, что четыре цепи разрываются с образованием четырех четных и четырех нечетных радикалов, то в результате их случайной рекомбинации имеется 32 шанса образования четной

цепи и столько же шансов образования нечетной. И все же можно не сомневаться в том, что преимущественное образование *n*-алканов с четным числом атомов углерода происходит в результате деструкции жирных кислот и рекомбинации образующихся фрагментов».

Поразительно, но и в этой заметке Робинсон опять оплошал с арифметикой! Легко убедиться простым перебором, что, имея, например, четыре четных радикала, можно получить четный углеводород шестью способами, соединяя эти радикалы попарно. То же справедливо и для четырех нечетных радикалов, иными словами, всего есть 12 способов получить четный углеводород. Нечетные же углеводороды получают перекрестной рекомбинацией четного и нечетного, и всего таких комбинаций может быть только 16. Таким образом, относительное содержание четных молекул будет  $12/(12 + 16) = 0,428$ . Это же значение можно получить из теории вероятностей:  $(N - 1)/(2N - 1)$ , где  $N$  — число четных или нечетных радикалов. Если  $N$  очень велико, то ответ будет в точности 0,5. Так что надо искать другие объяснения преобладанию четных молекул.

И.А.Леенсон



# Криминалистика в XXI веке

Хорошо жилось преступникам до научно-технической революции. Нет свидетелей — и ты неуловим, если только не объявится какой-нибудь Порфирий Петрович или Шерлок Холмс... Впрочем, Холмс уже исследовал улики в лаборатории, пусть частной, но оснащенной по последнему слову тогдашней науки. Сегодня каждый любитель детективов знает, что полагается делать при осмотре места преступления, что такое дактилоскопия, анализ на группу крови, баллистическая экспертиза. А в последнее время появились методы, которые позволяют установить личность по капельке слюны, и по отпечатку пальца определить, курила ли эта личность и принимала ли наркотики. Через двадцать лет, когда герой полицейского сериала спросит у криминалистов: «Ну как, удалось что-нибудь узнать?» — их отчеты будут длиннее и интереснее.

**Н**астоящий переворот произвела ДНК-экспертиза. Методы молекулярной генетики сегодня помогают идентифицировать и безымянных жертв, и преступников. Удалось поставить точку во многих старых и громких делах, до расстрела царской семьи включительно. Но чтобы определить, кому принадлежит образец ДНК, его необходимо с чем-то сравнивать, например, с базой ДНК-профилей правонарушителей. А как быть, если в этой базе нет ни преступника, ни его ближайших родственников? Брать образцы у всего населения и работать с таким огромным массивом данных сложно как технически, так и юридически. Большой интерес вызывает попытку определить по ДНК внешние данные человека, например цвет волос, глаз и кожи, но если все подозреваемые русые и сероглазые или, наоборот, кареглазые брюнеты, толку от этого немного.

Возможно, вскоре эта ситуация изменится к лучшему. Международная группа исследователей под руководством антрополога Марка Шривера из университета Пенсильвании соотнесла генные характеристики людей с чертами лиц и создала программу, которая выполняет реконструкцию лица по ДНК, правда, пока довольно грубую. Но и лицо человека — весьма сложная структура, это известно каждому, кто пытался нарисовать портрет своего приятеля.

В исследовании участвовали 592 добровольца с европейскими и западноафриканскими корнями из США, Бразилии и Кабо-Верде. Приглашали женщин и мужчин 18—40 лет, чтобы не приходилось моделировать возрастные изменения. Теоретически возможно и это — возраст человека определяется, например, по ДНК Т-клеток крови, — но не всё сразу.

Сначала строили трехмерные компьютерные изображения лиц добровольцев, используя 7150 реперных точек, — это делало возможной дальнейшую математическую обработку и исключало изменяемые приметы: оттенок кожи, прическу, аксессуары... Других добровольцев — студентов университета Пенсильвании просили ответить про каждое нарисованное компьютером лицо, принадлежит ли оно скорее мужчине или скорее женщине и каково соотношение африканских и европейских предков у этого человека. (Эти результаты дополнили генетические данные: лучшее устройство для распознавания особенностей лица — глаз другого человека.) В образцах ДНК определяли «этнические» маркеры — нужно было учесть, какой вклад в формирование черт лица вносит половая и расовая принадлежность. Выступающие округлые



скулы могут быть у представителя негроидной расы, или у женщин по сравнению с мужчинами, но бывают и скуластые мужчины-европейцы, при этом в каждом случае действуют свои гены. И самая интересная часть работы — выявляли однонуклеотидные полиморфизмы (SNP, или «снипы», то есть вариации в одну букву) в генах, о которых известно, что они важны для развития черепа, лицевого скелета. Потом сопоставляли генетические и физиономические особенности для каждого конкретного участника: при каких генных вариантах нос чаще бывает широким, и т. д. Удалось найти 24 ключевых SNP в 20 генах. А затем программа, «переварившая» все эти данные, реконструировала лица по генотипам.

В дальнейшем ученые планируют привлечь больше добровольцев, искать другие гены, связанные с чертами лица. Утверждение, что оставить на месте преступления свою кровь, слюну или волосок — все равно что оставить фотографию, пока излишне оптимистично, но даже грубый фоторобот лучше, чем никакого. А в перспективе, уверяют авторы, метод можно будет использовать и для реконструкции внешности вымерших видов Homo.

*Claes, P. et al. Modeling 3D facial shape from DNA. «PLOS Genetics», 2014, 10, 3, e1004224, doi: 10.1371/journal.pgen.1004224*

**М**олекулярная филогения, построение родословных деревьев путем сравнения нуклеотидных «текстов» — казалось бы, чисто фундаментальная дисциплина (см., например, рецензию на книгу Е. В. Кунина в этом номере). Но она тоже помогает суду и следствию.

Жил в испанском городе Валенсия врач-анестезиолог Хуан Маэсо, на вид приличный человек, а на самом деле наркоман. Он систематически воровал у пациентов морфий, причем делал себе инъекции той же иглой, и полбеды, что лишал людей обезболивающего, — как выяснилось позднее, он был носителем вируса гепатита С... Пытаясь оспорить обвинение, Маэсо прибег к следующему аргументу: где доказательства, что этих людей заразил он, и не собираются ли на него повесить всех больных гепатитом в городе? А может, это он получил вирус от пациента! Доказательства предоставила молекулярная филогения. Вирусы эволюционируют быстро, их геномы всегда немного отличаются между собой. Анализ определенных участков геномов вирусов, полученных у пациентов клиники, подтвердил, что 275 из 322 заразились от доктора-морфиниста. Подтвердилось и родство штаммов, и вероятный период заражения, рассчитанный через скорость возникновения мутаций, совпал с пребыванием пострадавших в клинике.

«Эволюционный» метод был новым для судебной экспертизы, и авторы исследования, по их собственным словам, потратили два дня, чтобы объяснить суду, обвинению и защите, как это работает и что означают результаты. Юристы оценили их усилия: в ближайшие 20 лет Маэсо вряд ли выйдет на свободу.





А в феврале 2014 года были опубликованы результаты еще одного научно-судебного расследования, и снова о наркомании и опасной инфекционной болезни. В 2009—2010 годы в Германии и Великобритании зарегистрировали более ста случаев заболевания сибирской язвой, из них 47 лабораторно подтвержденных. И все — среди лиц, употребляющих наркотики. Заболевание протекало тяжело, совсем не так, как обычно. Оказалось, что эти люди заразились, делая себе уколы героина, — возбудитель был в наркотике. Отдельные случаи наблюдались и в другие годы, с 2000 по 2012-й; по данным на август 2013 года, скончались 26 человек. Ученым удалось установить, что все образцы бактерии *Bacillus anthracis* родственны между собой и происходят из одного источника. Вероятно, какой-то борец со злом решил покарать грешников, не смущаясь тем, что *B. anthracis* может передаваться и через кожу, и воздушно-капельным путем, то есть риску подвергаются и ни в чем не повинные люди. Так или иначе, исследователи призывают компетентные органы обратить внимание на этот путь проникновения опасной болезни в Европу. Кстати, аналогичным методом в свое время отследили источник спор сибирской язвы, которые рассылали в конвертах американским политикам и журналистам в 2001 году.

González-Candelas, F., Bracho, M. A., Wróbel, B., Moya, A. *Molecular evolution in court: analysis of a large hepatitis C virus outbreak from an evolving source*. «BMC Biology», 2013, 11, 76, doi: 10.1186/1741-7007-11-76, русский перепечатка <http://biomolecula.ru/content/1215>.

Hanczaruk, M. et al. *Injectable Anthrax in Heroin Users, Europe, 2000–2012*. «Emerging Infectious Disease», 2014, 20, 2, 322–323, doi: 10.3201/eid2002.120921

**В** аэропортах или на вокзалах часто можно увидеть кинологов с собаками, натренированными искать взрывчатые вещества. Овчарки, спаниели, лабрадоры пока еще остаются универсальными специалистами в этом деле. Однако не везде, где бывает взрывчатка, вовремя оказывается обученная собака, да и гибнут наши четвероногие друзья при выполнении служебных обязанностей часто. Поэтому им активно ищут замену.

Существует множество приборов для обнаружения взрывчатых веществ. Например, газоанализаторы (берут пробы воздуха, а дальше методом хроматографии определяют качественный и количественный состав взрывчатых веществ), металлодетекторы, рентгенотелевизионные интроскопы и компьютерные томографы (рентгеновские или микроволновые сканеры — в некоторых аэропортах стоят такие кабинки с вращающимися антеннами). Но они часто проигрывают животным в точности, и чтобы исключить ошибку, выставляется высокая приборная чувствительность — поэтому, например, на вокзалах постоянно пищат рамки.

Обнаружить большое количество взрывчатки могут и собаки, и приборы, а вот найти малые концентрации без животных пока непросто. Наиболее точно и довольно быстро следовые количества нитроароматики (тринитротолуола, динитротолуола, пикриновой кислоты) позволяют определить флуоресцентные методы. Но для этого обычно нужны большие объемы раствора взрывоопасного вещества, поскольку детектор опускают непосредственно в пробу. Он представляет собой стеклянную пластину или специальный пористый носитель, на который нанесено флуоресцентное вещество — люминоген (см., например, Dongdong Li et al, «Chemical Communication», 2012, 48, 7167—7169, doi: 10.1039/C2CC31890C).

Минимизировать необходимый объем образца попытались китайские и австралийские ученые, используя волоконно-оптическую систему и механизм флуоресцентного затухания. Они взяли так называемое микроструктурное оптическое волокно с подвешенной сердцевинкой (МОВПС). В нем есть перемишки между толстой оболочкой из свинцово-силикатного стекла и сердцевинкой, проводящей свет. Полости, окружающие сердцевинку, исследователи покрыли тонким слоем полимера, способного к флуоресценции с высоким квантовым выходом. Для этого они растворили полимер в тетрагидрофуране, под давлением загнали раствор в волокно, потом выпарили растворитель и получили полимерное напыление толщиной 20—40 нм.

Работает оптоволоконный датчик так. Через объектив микроскопа на волокно подают свет аргонного лазера с длиной волны 488 нм. При этом другой конец датчика набирает пробу растворенного в ацетоне 1,4-динитробензола (по строению молекулы он похож на взрывчатый тринитротолуол, но сильнее тушит флуоресценцию). Раствор под воздействием капиллярных сил заполняет полости между перемишками, молекулы полимера поглощают энергию лазерного излучения — электроны переходят в подвижное или возбужденное состояние, начинается флуоресценция — спектрометр «замечает» сигнал, рисуется спектр. Из-за контакта полимера с 1,4-динитробензолом флуоресценция постепенно затухает, и по динамике затухания можно определить концентрацию этого вещества. Для анализа нужны всего лишь нанолитры раствора. Предел чувствительности метода для динитробензола оценили в 6,3 ppm (миллионных долей), или 30 мкМ.

Волоконно-оптические системы зондирования для обнаружения взрывчатых веществ — портативные и сравнительно дешевые, поэтому исследователи надеются, что такие сенсоры найдут применение и при поиске подводных мин.

Fenghong Chu et al. *Explosives detection by fluorescence quenching of conjugated polymers in suspended core optical fibers*. «Sensors and Actuators B: Chemical», 2014, 199, 22–26, <http://dx.doi.org/10.1016/j.snb.2014.03.031>.

Подготовили  
**Е. Клещенко, С. Фролова**





# Как паразиты хозяев разогнали

*Что заставляет саранчу собираться в стаи? На поведение этих насекомых, помимо прочих факторов, влияют две большие армии микроскопических существ: кишечная микрофлора и внутриклеточные паразиты. Как и положено армиям, они сражаются друг с другом, и битва часто заканчивается рассеянием роя саранчи.*

Обычно саранча ведет одиночный образ жизни, насекомые избегают друг друга и встречаются только для продолжения рода, но, собравшись в стаю, они мигрируют, питаются, спариваются и откладывают яйца сообща. Образование стаи обычно начинается с того, что саранча собирается в небольшие группы. Делает она это под влиянием различных стимулов, в том числе химических. Насекомые выделяют летучие пахучие вещества, пахнут и их фекалии. Букет ароматов, зовущих саранчу к объединению, называется феромонами агрегации. За синтез фекальных ароматов ответственны бактерии, обитающие в задней кишке насекомых. У восточной перелетной саранчи *Locusta migratoria manilensis* таких летучих веществ пять: нонаналь, гексаналь, бензальдегид, циклогексанол и 2,5-диметил-пиазин. В процесс образования стаи вовлечены

также нейромедиаторы серотонин и дофамин. Серотонин инициирует стадное поведение перелетной саранчи, дофамин его не только индуцирует, но и поддерживает.

Кроме того, на социальное поведение саранчи влияет здоровье насекомых. Они не собираются в стаю, если заражены внутриклеточным паразитом микроспоридией *Paranosema (Nosema) locustae*, а уже образовавшийся рой под влиянием инфекции распадается. Естественно, такой феномен чрезвычайно любопытен с практической точки зрения, но его механизм оставался неизвестным, пока им не заинтересовались китайские исследователи из Пекинского и Чжэцзянского университетов. Они выяснили, что паразит меняет социальное поведение саранчи, взаимодействуя с кишечной микрофлорой хозяина («Proceedings of the National Academy

of Sciences», 2014, 11, 4, 1343—1348, doi:10.1073/pnas.1314009111).

Микроспоридии поражают почти все тело насекомого: заднюю кишку, жировое тело, нервные клетки, гемоциты (клетки гемолимфы, заменяющей насекомым кровь) и половые железы. Они попадают в организм саранчи, когда она поедает зараженных мертвых насекомых или соприкасается с фекалиями. Обремененные паразитами самки передают их потомству. Микроспоридии нарушают развитие насекомых, ограничивают их подвижность и способность к размножению.

Саранча — насекомое с неполным превращением, их личинки похожи на взрослых, только крылья укорочены. Такие личинки называются нимфами. Исследователи заражали нимф саранчи спорами *P. locustae*, по 20 тысяч спор на насекомое. Результаты оценивали спустя 10 и 16 дней, то есть имели дело с нимфами последнего, пятого возраста и взрослыми четырехдневными насекомыми.

Оказалось, что паразитарная инфекция сокращает популяцию бактерий в прямой кишке насекомых на 18% у самцов и на 25% у самок. Этот эффект проявляется начиная с 14-го дня после заражения и достигает максимума на 16-й день. Численность микрофлоры уменьшается, потому что паразиты



подкисляют среду в задней кишке насекомых, делая ее некомфортной для кишечных бактерий, — pH среды меняется от 6,3 до 5,6. Из задней кишки саранчи исследователи выделили и идентифицировали бактерии родов *Enterococcus*, *Enterobacter*, *Microbacterium*, *Lactococcus* и *Weissella*. Энтеробактерии и лактококки прекрасно себя чувствовали при pH 6,3, а при pH 5,6 практически прекращали рост. Остальные микроорганизмы в кислой среде росли, но очень медленно. По мнению ученых, эти результаты доказывают, что именно закисление при паразитарной инфекции сокращает численность бактерий.

Однако кишечные бактерии синтезируют летучие вещества, компоненты феромонов агрегации. Если бактерий меньше, должно быть меньше и феромонов. И действительно, инфекция *P. locustae* существенно снизила количество нонанала, выделяемого с фекалиями саранчи. Уже на 9—10-й дни после инфекции его уровень упал примерно на 40 и 53% соответственно. В результате здоровые насекомые активнее реагируют на сигналы здоровой саранчи, чем инфицированной, а зараженная саранча вообще не особенно интересуется феромонами агрегации. Это подтвердили и эксперименты со взрослыми насекомыми, которым предлагали разные запахи, и электроантеннографические опыты, в которых ученые проверяли, как на разные ароматы реагируют антенны саранчи. Оказалось, что антенны здоровых насекомых в четыре раза активнее отвечают на стимуляцию запахами фекалий здоровой саранчи, чем инфицированной.

Не ощущая в достаточном количестве феромоны агрегации, саранча сокращает синтез нейромедиаторов серотонина и дофамина, которые вызывают и поддерживают стайное поведение. Так, на 16-й день уровень серотонина у здоровых и зараженных насекомых различается примерно на 40%. В результате паразитарная инфекция блокирует агрегацию одиночной саранчи и способствует разрушению уже образовавшегося роя и переходу насекомых к одиночной жизни.

Способность паразитов изменять поведение хозяев хорошо известна. Если говорить о насекомых, то хрестоматийный пример — это грибок рода *Cordyceps*, поражающий муравьев. Его споры прорастают в муравьином организме и выделяют неизвестные пока химические вещества, которые побуждают насекомое забираться на верхушки растений и замирать там, вцепившись челюстями в листок. Тогда мицелий пробивается наружу сквозь кутикулу хозяина, образует споры и рас-

сеивает их с высоты. Подобным образом обращается с муравьями и другой паразит, систематически далекий от *Cordyceps*. Некоторые их виды, например бурый лесной муравей *Formica fusca*, становятся жертвой плоского червя, ланцетовидной двуустки *Dicrocoelium dendriticum*, которая также вынуждает своего хозяина залезать на верхушку травинки. Там он и сидит, бедный, пока его не слизнет языком корова, в печени которой завершается жизненный цикл паразита. Это восхождение совершается вечером. Если насекомое уцелеет, оно спускается на землю, весь следующий день занимается своими делами вместе с другими муравьями, а к вечеру паразит снова гонит его наверх.

Некоторые виды круглых червей заражают муравьев, сверчков и кузнечиков. Поскольку жизненный цикл этих паразитов оканчивается в воде, черви, достигнув зрелости, вырабатывают некие неизвестные пока химические вещества, действующие на мозг хозяина таким образом, что сухопутные насекомые отправляются на поиски воды и топятя.

Паразиты руководят поведением не только насекомых, но и млекопитающих. «Химия и жизнь» писала о том, что крысы, инфицированные внутриклеточным паразитом *Toxoplasma gondii*, проявляют повышенный интерес к кошачьему запаху, вместо того чтобы как можно скорее покинуть опасное место (2011, № 10). Половое размножение токсоплазмы происходит только в кошачьем организме, поэтому паразиту выгодно, чтобы кошка съела его промежуточного хозяина — крысу. И токсоплазма подводит крыс под нос хищнику, воздействуя на группу нейронов в миндале — одном из участков головного мозга. Не бояться запаха кошачьей мочи и мыши, зараженные простейшими *Eimeria vermiformis*.

В этих и многих других случаях паразиты не имеют цели погубить своего хозяина, они просто регулируют его поведение таким образом, чтобы создать себе условия, благоприятные для размножения. В случае с саранчой и *P. locustae* ситуация иная: паразитарная инфекция подталкивает насекомых к одиночному образу жизни, который не способствует заражению. Микроспоридиям гораздо легче проникнуть в организм саранчи, когда насекомые скучены. Объясняется этот феномен очень просто.

Оказывается, кишечная микрофлора саранчи мешает *P. locustae* колонизировать заднюю кишку. Если уничтожить всю микробиоту, накормив насекомое антибиотиками, и сразу заразить *P. locustae*, то спустя 16 дней микроспоридий в его кишечнике будет значительно больше,



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

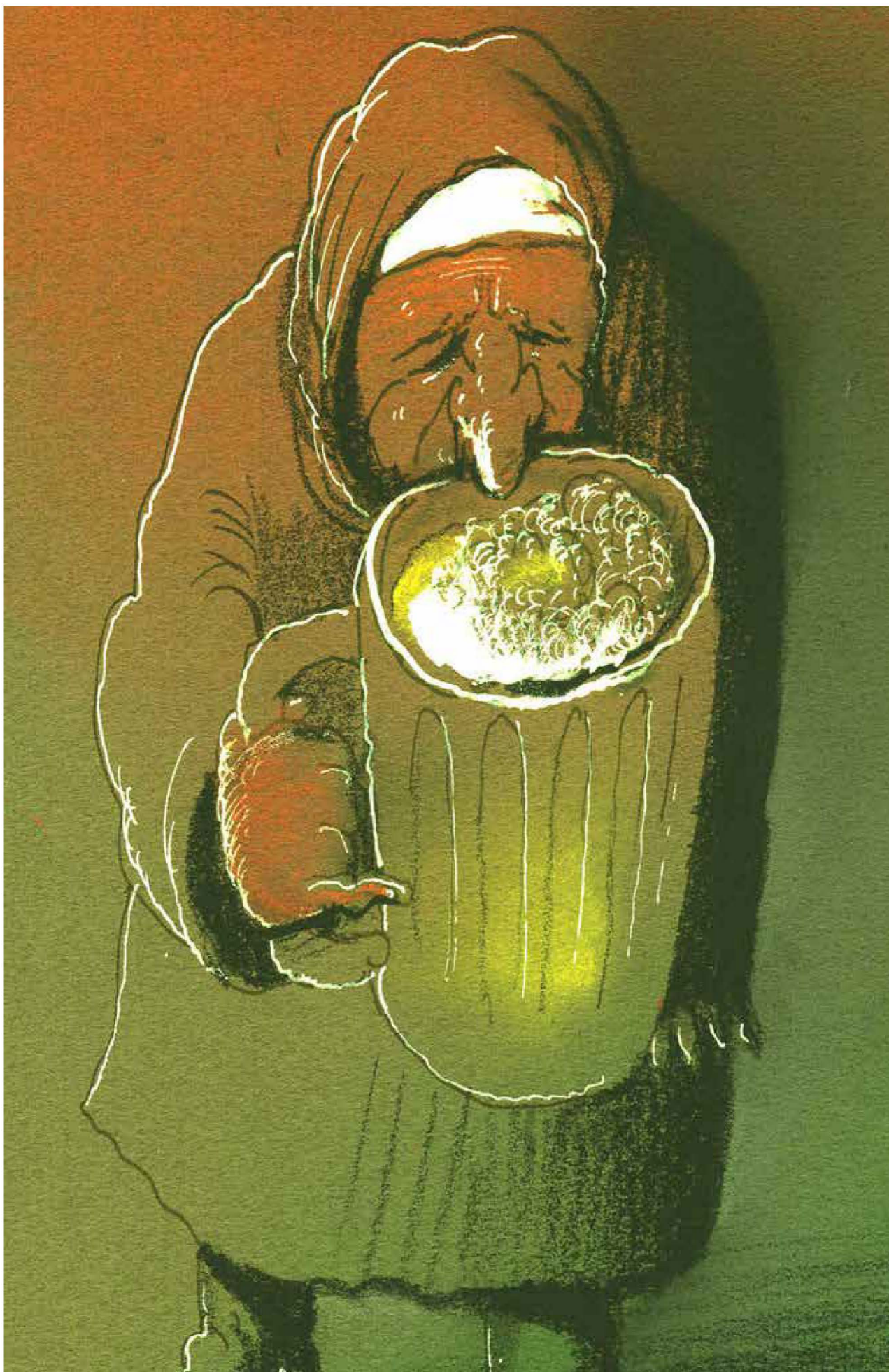
чем у необработанной саранчи. Неудивительно, что паразиты стремятся подавить кишечную микрофлору хозяина, в чем и преуспевают. Правда, эта борьба имеет нежелательный для них побочный эффект: саранча рассеивается и таким образом избегает заражения.

Это не первый случай антагонизма паразита и микробиоты кишечника. Недавно специалисты Университета Джонса Хопкинса (Балтимор, США) описали жизнь малярийного плазмодия *Plasmodium falciparum* и его хозяина — кровососущего комара *Anopheles gambiae* («Science», 2011, 32, 855—858, doi: 10.1126/science.1201618). Успех плазмодия зависит от того, насколько удачно он пройдет несколько стадий развития в средней кишке комара. Но комариный кишечник населен бактериями, которые производят активные формы кислорода и препятствуют плазмодию проникать в клетки эпителия.

Китайские исследователи делают вполне предсказуемый вывод: надо и дальше изучать влияние *P. locustae* на поведение перелетной саранчи, чтобы использовать паразита в качестве биологического оружия, которое позволит избежать образования роя, не уничтожая насекомых. Это редкая ситуация, в которой влияние паразита на поведение хозяина имеет прикладное значение. Обычно ученые воспринимают манипулирование хозяином как курьез, не более. Каждый подобный случай не спеша исследует одна группа. Между тем паразит, чтобы повлиять на поведение хозяина, должен действовать на его нервную систему либо непосредственно, либо регулируя синтез определенных химических веществ. В ходе длительной совместной эволюции паразиты подобрали ключ к поведению своих хозяев и постигли его механизмы куда лучше физиологов. Быть может, тщательно исследовав взаимодействия «хозяин—паразит», ученые существенно углубили бы свои познания в области нейробиологии целопологающего поведения, причем не только насекомых.

Н. Анина







# Ароматы зернового алкоголя

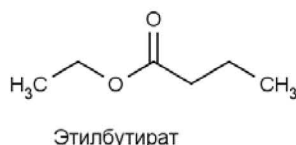
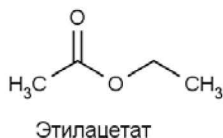


ЕДА ПО-НАУЧНОМУ

А.А.Бондарев

Вино занимает привилегированное положение среди многочисленных разновидностей алкоголя: профессионалы и любители уделяют ему особое внимание, редкие экземпляры стоят огромных денег. Напитки из зернового сырья — пиво, водка и виски — реже удостоиваются красочных описаний дегустаторов, но и в их ароматах можно найти разнообразные ноты и нюансы. Попробуем разобраться, откуда они берутся, с точки зрения химии.

Четкой классификации типов пива нет, поэтому можно позволить себе провести немного искусственные границы. Самое поверхностное разделение — на эли и лагеры. Эли получают более древним способом — верховым дрожжевым брожением при высокой температуре. «Верховое» означает, что после ферментации дрожжи остаются на поверхности и образуют шапку, в отличие от лагеров, или пива низового брожения, когда дрожжи оседают на дно емкости. Лагеры — более современная технология: в настоящее время до 80% всего пива — именно лагеры. Их производят при низкой температуре, и они требуют «дозревания». Эли сбраживаются при более высокой температуре и другими дрожжами, что и делает их аромат особенным. Фруктовые нотки эля, от яблочных до ананасовых, — следствие образования сложных эфиров: этилацетата, этилгексаноата, этилбутирата и многих других.

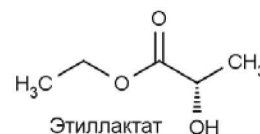


## Солод и дрожжи

На аромат пива влияют три ключевых фактора: сырье, тип и концентрация хмеля, а также микроорганизмы, которые участвуют в его создании.

Помимо основных дрожжей рода *Saccharomyces* (*S. pastorianus* для лагеров и *S. cerevisiae* для элей), при производстве некоторых сортов пива используют и другие микроорганизмы, и это вовсе не нарушение технологии, а ее особенность. Экстремальный пример — ламбики и гёзы, бельгийские сорта самопроизвольного сбраживания. При их изготовлении в алкогольной ферментации участвуют все микробы, присутствующие в данной местности и на данной пивоварне, причем сбраживание происходит без использования культурных дрожжей. Все, кто способен конкурировать и размножаться на питательном солодовом субстрате, вносят свой вклад в аромат. Наряду с *Saccharomyces*, огромную роль для этих сортов играют дрожжи *Brettanomyces bruxellensis*. Продукты их ферментации приносят мускусно-животные ароматы, а кроме того, образуется еще больше

сложных эфиров, чем в элях (например, появляется этиллактат). В этих сортах пива живут также различные виды молочнокислых и уксуснокислых бактерий, которые добавляют соответственно вкус молочной и уксусной кислот. Все это делает пиво более похожим на сидр и вино. Немаловажное значение имеют и технологические нюансы — выдержка в бочках и вторичная ферментация в бутылках.



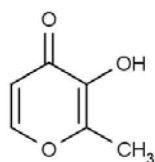
Солодовое сырье — главная причина разнообразия типов пива и их ароматов. Например, пиво низового брожения (лагер) в зависимости от солода может быть пльзенским или балтийским портером, а это совершенно разные напитки. У элей спектр еще шире — от светлых элей до очень плотных карамельно-шоколадных имперских стаутов.

Как известно, основу пива составляет пророщенный ячмень, то есть солод. На последней стадии производства солода пророщенное зерно нагревают, чтобы остановить рост. Это нагревание, а также последующая варка сусла провоцируют образование коричневых ароматических продуктов в реакции Майяра (реакция между аминокислотой и сахаром, которая происходит при любой кулинарной обработке, в том числе при жарке мяса и выпечке хлеба) и карамелизацию (окисление сахаров при нагревании). Степень тепловой обработки солода огромное количество — в результате получается палитра от светлого солода до темного, который прожаривают как кофе. Чем более прожаренный ячмень используют, тем больше в нем продуктов реакции Майяра, темнее его цвет, а аромат все больше насыщается оттенками выпечки, кофе, шоколада, карамели и характерным запахом солода. Доходит до того, что сам солод используют как ароматическую добавку.

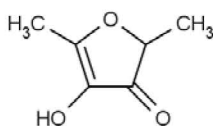
Невозможно в двух-трех словах описать продукты, которые получаются в результате реакции Майяра, — их слишком много (см. «Химию и жизнь», 2012, № 2). Надо отметить, что в нашем случае эта реакция идет как в процессе сушки-прожарки пророщенного ячменя, так и при варке пивного сусла. У прожаренного солода формируется очень сложный букет ароматов, его можно сравнить с тем, который получается (также в результате реакции Майяра и карамелизации) в кофе и шоколаде. Недаром одна из разновидностей солода называется шоколадной, поджаренный ячмень может быть заменителем кофе, а, например, карамельный солод используют исключительно как ароматическую добавку, но не как источник сахара для сбраживания. В нем содержится множество гетероциклических соединений, самые известные из которых — мальтол, изомальтол, фуранеол. По аромату он напоминает сахарную вату, поджаренную корочку хлеба, карамель. В темных солодах много азотосодержащих гетероциклов — пиазинов, пиридинов (к при-



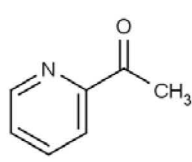
меру, 2-ацетилпиридин с ароматом попкорна и бисквита), и все это также продукты реакции Майяра. А если солод поджечь, то получится редко сейчас встречающийся, но раньше довольно распространенный тип пива — раухбир с дымно-копченым ароматом.



Мальтол

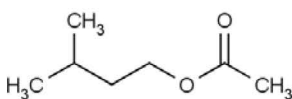


Фуранеол

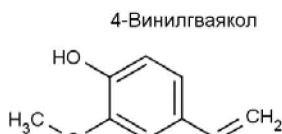


2-Ацетилпиридин

Если в качестве исходного сырья использовать пшеницу (правда, ее берут только половину объема, вторую половину все равно составляет ячменный солод), то получится пшеничное, или белое, пиво. В его аромате преобладают два соединения — 4-винилгваякол с травянисто-гвоздичным ароматом и изоамилацетат с фруктово-банановым.



Изоамилацетат



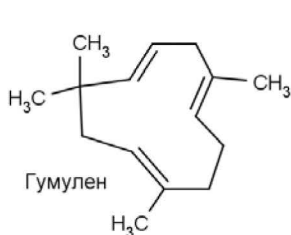
4-Винилгваякол

Добавляя овес, можно получить овсяные стауты. Овес изменяет скорее текстуру пива, а не аромат, но и в запахе можно уловить знакомые ноты овсяных хлопьев. А еще в пивоварении используют рожь, кукурузу и даже просо. Можно считать, что японское саке — это продукт брожения рисового солода, то есть технологический родственник пива.

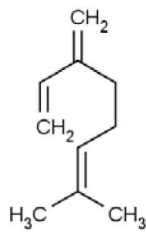
## Хмельной аромат

Хмель — почти единственная универсальная растительная добавка, применяемая в современном пивоварении, однако у него столько сортов и ароматических компонентов, что это создает фантастическое разнообразие сортов пива.

Благородные европейские сорта хмеля дают классический хмелевой аромат, химический состав которого довольно сложен. Основу его составляют терпеноиды: монотерпен мирцен, сесквитерпены — гумулен, бета-кариофилен и различные изомеры фарнезена. Мирцен, самый распространенный из них, имеет выраженный сосново-цитрусовый аромат. Если хмель добавлять в самом конце варки сусла или даже после (так называемое позднее охмеление), это как раз дает ноту свежего хмеля. Бета-кариофилен придает аромату оттенки специй с цитрусовыми тонами и считается отличительным компонентом английских сортов хмеля.



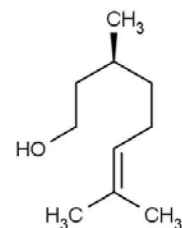
Гумулен



Мирцен

Если классифицировать сорта пива по тому, как именно используют хмель в качестве ароматной добавки, на одном полюсе окажутся пильзнеры и другие классические светлые лагеры, которые обычно отличаются скромным, но сбалансированным хмелевым ароматом с трудно уловимой доминантой, на другом — пиво, охмеленное американскими сортами

хмеля, новые представители которого продолжают появляться (например, сорт «мозаик», 2012 год). У пива с американским хмелем (особенно в типе «индийский светлый эль», IPA) могут быть тропически-цитрусовые ароматы, по яркости сравнимые со свежими фруктами, цветами или мускатными винами. Помимо уже указанных терпеноидов, в американских сортах довольно много линалоола, гераниола и бета-цитронеллола — соединений с цветочными ароматами розы и лаванды.



Бета-цитронеллол  
(-)-изомер

Терпеноиды не единственные ароматические компоненты хмеля. В нем содержатся и различные производные терпеноидов, в особенности продукты их окисления (гумулен-эпоксид, гумулон и др.), и серосодержащие компоненты (которые обычно имеют низкие пороги обнаружения и поэтому вносят заметный вклад в аромат, например, 4-метил-4-меркаптопентан-2-он), и многие другие классы веществ. Современное пивоварение, без сомнения, наукоемкая отрасль, однако на практике все же обычно ориентируются на сорт хмеля с определенными ароматическими чертами, а не на конкретный химический состав.

Надо еще отметить, что технология производства современного пива — одна из немногих областей в индустрии напитков, в которой считается нормальным использовать всевозможные добавки, модифицирующие вкус и аромат. Вы не найдете такого ни в винах, где должен быть только виноград (греческое вино рецина не в счет), ни в виски или коньяке. А пиво допускает и фрукты, и специи, и мелассу (черную патоку). В бельгийские пшеничные сорта часто добавляют семена кориандра и цедру апельсина. К бельгийским же ламбикам примешивают вишню (получается крик) или малину (фрамбуаз). А так называемые крафтовые пивовары, то есть владельцы небольших и иногда экспериментальных производств, используют еще более разнообразные добавки — от водорослей до орехов.

## Необычные виски

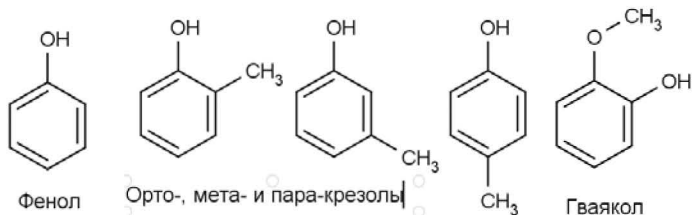
Только два вида алкоголя пытаются соперничать с вином по значимости и стоимости — это коньяк и виски. Виски — плод изобретательности человека, объединивший в себе три важные технологии. Во-первых, это продукт брожения зерновых культур. Во-вторых, его производство включает процесс дистилляции. В-третьих, заключительный этап производства — купажирование, то есть смешение алкоголя разного возраста и типа, для вина довольно редкая процедура.

Для дегустатора ценно, что ароматический профиль виски совершенно не таков, как у вина, и сами ароматы виски очень разнообразны. Наиболее интересные не встречаются ни в вине, ни в других продуктах. Правда, крепкий алкоголь тяжелее дегустировать — высокое содержание спирта раздражает слизистую носа и рта, а собственный запах этанола и других спиртов и соединений (так называемых сивушных масел) забивает другие ароматы. Но игра стоит свеч. В крепком алкоголе мы можем найти такие нюансы, которых не встретим в вине, а если и встретим, то не обрадуемся; в аромате же виски они вполне уместны.





Самый яркий пример — шотландские виски с острова Айла (и еще из шотландского города Кэмпбелтауна). Эти виски пахнут весьма необычно — кирзовыми сапогами и антисептиком медицинских бинтов, торфом и иодом. Торф — главный виновник этой гаммы ароматов. Его используют как топливо для сушки солода, да и вода, из которой делают сусло, иногда имеет торфяной запах. С химической точки зрения это ароматы фенолов. Если их концентрация не превышает 2—3 ppm (частей на миллион), то фенольные ароматы почти не проявляются, но виски-рекордсмены с острова Айла содержат более 100 ppm. Важна, безусловно, не только общая концентрация, но и содержание конкретных фенольных соединений, которых обнаружено почти три десятка. Очень важны сам фенол, а также три изомера крезолов, которые входят в состав креозота (запах пропитки для шпал и антисептиков). Другой фенол, гваякол, — это аромат копченостей, бекона и дыма. Гваякол содержится также в «жидком дыме», естественных копченостях, а еще он вносит вклад в аромат кофе. Аромат лейкопластыря и другие подобные медицинские ноты — скорее всего, зависят от 4-этилфенола и 4-этилгваякола. Эти вещества со спорным ароматом нам уже встречались в вине и пиве; они создают запахи в диапазоне от приятных в низкой концентрации — специй и дыма до скорее неприятных в высоких — стойла, лейкопластыря, потной лошади.



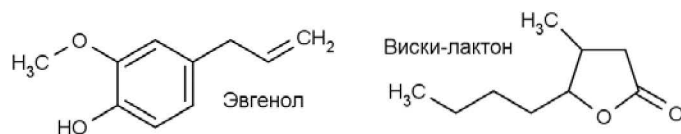
Мы оперируем терминами «торф», «кирзовые сапоги», «лейкопластырь», «иод», но одинаково ли мы их понимаем, например, с авторами англоязычных статей (именно на этом языке чаще всего публикуются статьи про виски)? Пожалуй, не все помнят запах тлеющего торфа. А многие ли британцы нюхали кирзовые сапоги? Тем более что аромат, который приписывают кирзе, — на самом деле запах ваксы и гуталина. Так или иначе, в самобытности этим типам виски не откажешь.

## Бочка и вода тоже вносят свой вклад

Другой важнейший фенол — эвгенол, имеющий аромат гвоздики, — обязан своим происхождением вовсе не торфу, а важному этапу технологического процесса. Эвгенол присутствует во всех виски, выдержанных в бочках, а бочковая выдержка — не только обязательная стадия в производстве виски (невыдержанное виски редко кому случается пить), но и ключевой фактор, влияющий на результат.

И снова приходится признать, что коротко описать все происходящее в процессе выдержки с химической точки зрения невозможно. Тем не менее надо упомянуть простые

и важные молекулы, которые попадают в виски после контакта с дубом. Помимо эвгенола, это ванилин и различные лактоны (у одного из них даже название соответствующее — виски-лактон). Возможно, еще большее значение имеют сорбирующие свойства обожженной древесины — в виски за время выдержки снижается количество альдегидов и высших спиртов. А еще виски часто выдерживают в бочках из-под другого алкоголя, например из-под хереса, и это дополнительно обогащает ароматическую палитру.



Проблему дегустации крепких спиртных напитков решают просто: в них добавляют воду. Знатоки говорят, что при этом раскрываются ароматы, а химики подтверждают этот эффект и предлагают его объяснение. При добавлении небольшого количества воды в виски раскрываются одни ароматы и закрываются другие за счет двух противоположных процессов. Длинные молекулы сложных эфиров, высших спиртов и альдегидов плохо растворяются в воде, поэтому при дополнительном добавлении воды часть их формирует агрегаты в виде мицелл. Их не видно, виски остается прозрачным, но молекулы больше не попадают в воздушную фазу — ведь они связаны, а значит, не участвуют и в аромате. Кстати, именно эти вещества мы скорее ощущаем как неприятные, поскольку они напоминают запахи мыла, масла и травы. С другой стороны, при добавлении воды высвобождаются более короткие ароматические молекулы, которые до этого были связаны. Таким образом, потребитель вносит свой вклад в длинную цепочку формирования аромата, которую начали производители солода, дистилляторы, мастера бочковой выдержки и купажисты.

Окинув взглядом весь процесс, мы видим, какое невероятное множество химических реакций происходит на каждой стадии производства и какое количество ароматных продуктов образуется. Вероятно, не будет преувеличением утверждать, что изготовление зернового алкоголя, точнее, неповторимого запаха каждого из его сортов — самый сложный процесс в пищевой промышленности.

## Что еще можно почитать о зерновом алкоголе

Селиверстова И.В. Пенная биотехнология. «Химия и жизнь», 2005, № 5.

Whisky: Technology, Production and Marketing. Academic Press; 2003.

Brewing: Science and Practice. Woodhead Publishing. 2004.



# Мужской чай: ВЗГЛЯД престарелого химика

Кандидат химических наук

**А.С. Садовский**

## Братьям по полу

Словосочетание «мужской чай» порождено рекламой. Кому она адресована, понятно, а вот какие проблемы предлагает решить?

Дело в том, что активность мужских половых гормонов — андрогенов — по мере старения мужчин снижается, а женских — эстрогенов — усиливается, то есть у женщин все наоборот. Следствием же у мужчин оказываются изменения в предстательной железе (простате). Этот небольшой орган объемом 20—30 мл вытянутым кольцом охватывает выход из мочевого пузыря, или уретру, и выполняет важнейшую функцию при половом размножении. Некоторые урологи называют его «вторым мужским сердцем». В молодости проблем с этим сердцем почти не возникает; до сорока лет доброкачественная опухоль — аденома, она же гиперплазия простаты, встречается менее чем у 10% мужчин. А далее заболеваемость растет по экспоненте и после 75 лет достигает 80%. Столь же стремительно с возрастом растет частота случаев рака предстательной железы — до 16% мужчин. Таким образом, в старости нормальная, не измененная ткань простаты — большая редкость. Тем не менее, если опухоль невелика, можно прожить всю жизнь, так и не узнав о ней. Однако времена меняются. В России с 1995 по 2005 год прирост заболеваемости аденомой составил 126%, а смертность от рака простаты увеличилась на 63%. В общем, заинтересоваться рекламой чая от «мужской болезни» есть кому.

Схема мужского мочеполового тракта (рис. 1) может вызвать у химиков ассоциацию с делительной воронкой, у которой простата — кран. В молодости кран открывается полностью, потом его слегка или сильно клинит или же он забивается. При дисбалансе образования новых клеток (пролиферации) и их отмирания (апоптоза) простата увеличивается в объеме. Если опухоль начинает передавливать уретру, моча застаивается, это провоцирует рост камней и ведет к



Фото А. Киселева

острым воспалением — циститу и простатиту. Уролог при первом посещении пропишет, помимо стандартного анализа мочи, еще и биохимический анализ крови. Получив его на руки, неподготовленный пациент может запаниковать: у него нашли онкомаркер ПСА, простатический специфический антиген! Однако сразу отчаиваться не стоит.

## Странный сигнал

Этот небольшой белок (точнее, гликопротеин — аминокислотная цепочка с углеводным довеском) участвует в обеспечении сперматозоидов питательной средой и разжижении эякулята, для чего он и сбрасывается по протокам в мочеиспускательный канал. Зачем он попадает в кровь, неясно. Можно было бы думать, что к старости его содержание должно снижаться за ненадобностью, а нет: оно даже в норме растет почти по экспоненте. Каким органам адресован этот сигнал? Пока неизвестно, зато биохимики узнали, что его генерируют также и трансформированные раковые клетки простаты. Белок получил название ПСА, и в 1986 году Управление

США по контролю за продуктами и лекарственными препаратами (FDA) одобрило его использование для мониторинга заболеваний раком простаты. Но когда накопились статистические данные, выяснилось, что из ста мужчин, у которых находили повышенное содержание ПСА, примерно через 20 лет диагноз «рак простаты» получили всего двое. Возможно, причина «счастливой» ошибки в том, что к 2003 году в США многих таких пациентов успели прооперировать. Так или иначе, анализ мизерных количеств ПСА (нанограммы в миллилитре плазмы) отшлифовали как надо и применяют для клинических исследований.

Поскольку ПСА генерируют все клетки эпителия простаты, больные и здоровые, его содержание в крови пациента пропорционально размеру железы, а прирост в общем случае приблизительно следует кинетике реакции первого порядка. В определенных ситуациях информативен не только уровень, но и скорость его изменения. Для этого у медиков есть такая характеристика, как время удвоения содержания этого белка, что-то вроде периода полурас-



пада в физике. Уровень ПСА может колебаться в сторону увеличения при воспалительных процессах или после обследования, что учитывается при назначении времени анализа.

Итак, концентрация ПСА в крови — указатель состояния крана на нашей воронке. Содержание больше 10 нг/мл — тревожный сигнал, серьезная неполадка, требующая вмешательства специалистов. Ниже этого предела — «серая» область: плохо, но можно самому попробовать что-нибудь сделать. Например, попить крепкого «мужского» чая.

## Иван-чай — мужская трава

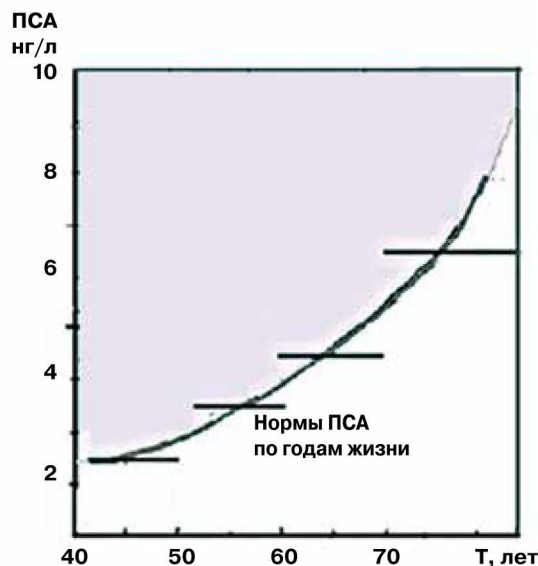
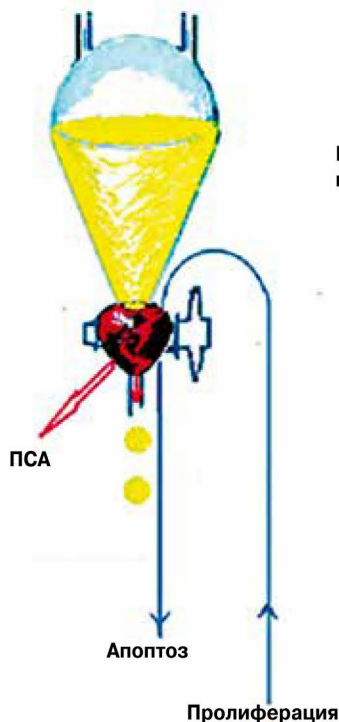
Врач-фитотерапевт подмосковного санатория, кандидат биологических наук В.М.Костеров настоятельно рекомендует пить копорский чай, то есть чай из кипрея: «По профилактической и лечебной способности мужской болезни — простатита и аденомы простаты ему соперников нет» (так в оригинале). За то же самое на сайте «Мужской иван-чай» агитирует директор ООО «Сибирская клетчатка» А.В.Черников. На рынок усиленно продвигают «иван-чай» из ферментированного кипрея, который мы и дальше будем называть копорским, дабы не путать с растением, которое в ботанической ли-

тературе именуется кипрей узколистный, а в народе — «иван-чай». Копорский чай отличается от отвара листьев кипрея, купленных, например, в аптеке, как черный чай от зеленого (см. «Химия и жизнь», 2013, № 5): все фенольные соединения в нем полимеризовались и организмом усваиваются плохо.

Русскоязычный Интернет полон сайтами подобного содержания плюс многочисленные перепосты в соцсетях и на форумах, посвященных медицине и самолечению. Тексты вызывают недоверие с первых же слов — начинаются они, как правило, с повествования о славной, легендарной многовековой истории исконно русского копорского чая. Рассчитано повествование скорее на больного головой, а не простатой: очевидно, что все это полный вздор. Еще полтора столетия назад власти Российской империи не только изготовителей копорского чая, но и сборщиков кипрея преследовали почти так же, как теперь ФСБ России борется с оборотом конопли. Сходство, однако, сугубо внешнее: кипрей наркотическими свойствами не обладает. Строгий запрет на безвредный травяной чай был вызван обширной практикой фальсификации обычного чая, приносящей большой урон казне.

Безопасность — до сих пор единственное твердо установленное свойство этого суррогата, за два века, что люди пьют его, серьезных случаев отравления не отмечено. Однако до сих пор не известен даже точный химический состав копорского чая, который устанавливается после ферментации. Отсутствие сведений о его лечебной способности адепты восполняют вымыслами, к тому же считая, что свойства напитка после ферментации остаются такими же, как у свежесобранной тра-

1  
*Предстательная железа, разрастаясь, может перекрыть движение жидкости в организме подобно крану в делительной воронке. А о ее разрастании можно судить как по уровню содержания простатического специфического антигена (ПСА) в крови, так и по времени удвоения его концентрации (ПСАДТ)*



## РАССЛЕДОВАНИЕ

вы. Если Костеров призывал поверить на слово, то Черников замаскировал подмену свойств красочно оформленной подборкой резюме из зарубежных научных публикаций о неферментированном кипрее. Надо отметить, он один из немногих, кто обращается за поддержкой к науке, другие пропагандисты обходятся ссылками на народную мудрость.

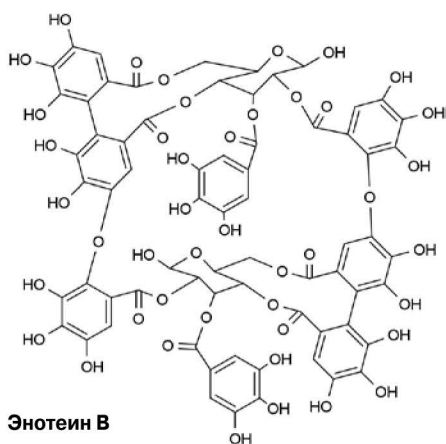
На сегодня нет никаких оснований считать копорский чай «мужским». Что касается кипрея, «зеленого копорского чая», то ответ может быть таким: современные научные знания позволяют лишь в общих чертах объяснить, почему это средство используют в народной медицине при мужских урологических заболеваниях. Приведем для примера пропись: «Две-три чайные ложки травы кипрея залить 0,5 л кипятка, настоять 5 минут, процедить и пить по стакану утром натощак и вечером за полчаса до сна или 3 раза в день по 150 мл».

## Целебное начало кипрея

Как сегодня установлено, среди полифенолов, которыми богат кипрей, выделяется биологической активностью энотеин В. Это гидролизуемый эллаготанин, называемый так потому, что при гидролизе дает эллаговую кислоту, связанную в его молекуле с глюкозой. Энотеин В представляют также в виде димера некоего мономера, который, насколько известно автору, отдельно не найден, но существует его тример — энотеин А. Для интересующихся приводим формулы (рис. 2). Биологическая активность тримера ниже, чем у димера.

В советское время был создан противораковый препарат ханерол, содержащий фракцию полифенолов, выделяемых из цветов кипрея. (У кипрея узколистного два ботанических названия — *Epilobium angustifolium* и *Chamerion angustifolium*, «ханерол» произвели от второго.) Всероссийский институт лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР) даже начал специально для этого культивировать кипрей с белыми цветами. Препарат выпускали в виде водного раствора для инъекций. Клинических исследований с приемом внутрь экс-



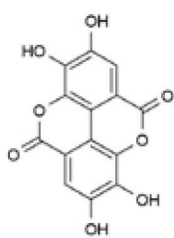


2  
 Уже в самом конце пищеварительного тракта, в прямой кишке, эллаготанины разлагаются на мелкие молекулы, способные всосаться в кровь: эллаговую кислоту и уролитины

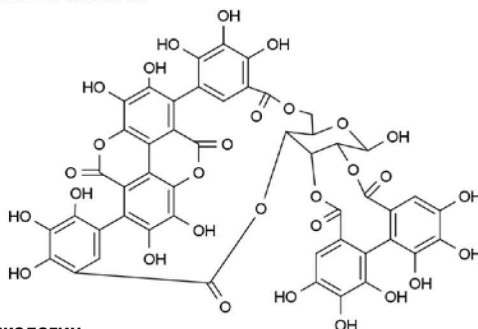
тракта или отвара кипрея не проводили. Эпигаллокатехин В изучала группа Анны Кисс в Варшавском медицинском университете. Они работали с культурой раковых клеток простаты LNCaP и установили, что димер вызывает у этих клеток апоптоз — запрограммированную смерть, а значит, перспективен как лекарство. Вообще эпигаллокатехин В обладает привлекательным набором свойств, которые вызвали интерес у многих исследователей. Однако конкретно нам это многообразие проявлений ни к чему, коль скоро речь идет только о простате.

Молекула димера довольно велика и не может всасываться в кровь из кишечника. Японские ученые, например Фурукава Ёсико из университета Мацуямы, недавно исследовали его действие на мышей с экспериментально вызванным системным воспалением мозга. Животные, которых поили водным раствором эпигаллокатехина В, переносили воспаление заметно легче. По мнению авторов, полезен мышам был не сам димер, а продукты его переработки кишечной микрофлорой, которые преодолевали и барьер желудочно-кишечного тракта, и гематоэнцефалический барьер. Упомянутые выше польские исследователи поставили простой эксперимент, смоделировав наш кишечник в буквальном смысле *in vitro*. Они поместили в пробирку свежий кал, отобранный у сытых мужчин, добавили раствор эпигаллокатехина В и проследили за исчезновением последнего. Продуктами метаболизма кишечной микробиоты были уролитины с различным содержанием ОН-групп. Эти полифенолы уже всасываются в кровь, правда, их антираковая активность в клеточных тестах ниже.

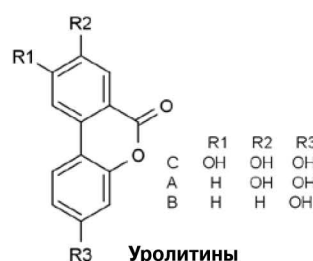
Получается, что терапевтический эффект от выпитого натошак или на ночь отвара кипрея определится совсем



Эллаговая кислота



Пуникалагин



не эллаготанином, а тем, что от него остается после воздействия микробов. Повод вернуться к уролитинам нам еще представится. Здесь же следует обратить внимание на то, что с полной определенностью о лечебных свойствах препарата можно судить лишь по прямым, правильно спланированным клиническим исследованиям. Экстраполяция результатов, полученных на клетках или подопытных животных, не всегда бывает успешной. А тщательных медицинских исследований отвара листьев и цветов кипрея пока не было.

## Не чаем единым

Клубнику, малину, грецкие орехи и вина, выдержанные в дубовых бочках, также советуют при заболеваниях простаты. Мы же выберем гранатовый сок и экстракт, хотя видные гранотерапевты не упоминают их применительно к нашим целям. На самом же деле с соком и экстрактом уже проведены клинические испытания; они содержат эллаготанины, с которыми в нашем кишечнике происходит то же самое, что и с эпигаллокатехином.

Начнем с трех медицинских исследований. Одно из них показало отрицательные результаты, но оно было выполнено на больных с тяжелым метастазирующим раком простаты («Journal of Cancer», 203, 4, 7, 597—605; doi: 10.7150/jca.7123), а срок приема сока составил всего четыре недели. В первом же по времени испытании, закончившемся к 2006 году, группа Алана Пантука из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе подобрала добровольцев, которым ранее уже делали операцию по удалению простаты или радиотерапию. Участники опытов в течение 33 месяцев получали примерно по стакану гранатового сока ежедневно. В результате

средний по группе показатель удвоения содержания ПСА статистически значительно улучшился — с 15,6 до 54,7 месяца. Еще в одном исследовании («Prostate Cancer and Prostatic Diseases», 2013, 16, 1, 50—55; doi: 10.1038/pcan.2012.20) участникам давали гранатовый экстракт в различных дозах: один или три грамма в день. За полгода тот же показатель в обеих группах увеличился без побочных явлений.

Положительный эффект налицо: напомним, что увеличение показателя удвоения — это снижение скорости прироста простаты. Теперь можно разбираться и с действующим началом.

Полифенолы гранатового сока на 70% связаны в изомеры пуникалагина (лат. *Punica* — гранатовое дерево), в полулитре сока количество этого эллаготанина превышает один грамм. В таком же объеме отвара кипрея (1 столовая ложка травы) содержится около 0,3 г эпигаллокатехина В, в копорском чае после ферментирования он, очевидно, останется разве что в примесях. В нашем желудочно-кишечном тракте с эллаготанинами мало что произойдет, пока они не достигнут толстой кишки. Но там пуникалагин, как и эпигаллокатехин В, станет разрушаться под действием микроорганизмов. Сама эллаговая кислота плохо всасывается в кровь. Образующиеся последовательно и параллельно с ней уролитины в основном переходят в глюкурониды — простые эфиры глюкуроновой кислоты.

В крови присутствуют производные уролитины А и С, в моче — А и В. Противораковая активность разных уролитинов отличается, но для первого знакомства это не так уж важно. Важно другое. Выясняется, что не только скорость, но и состав продуктов переработки эллаготанина у разных добровольцев неодинаковы. Дело в кишечной



микробиоте, а она в прямой кишке и не почувствует, выпит ли сок либо отвар натошак или перед сном. Выходит, прежде чем покупать гранатовый сок или собирать в поле кипрей, нужно создать у себя хорошую микрофлору. Но какую и как? Ответа на этот вопрос пока нет. Зато появляется подозрение, что сходного эффекта можно добиться и с помощью самых привычных продуктов. Например, знаменитого своей целебной силой зеленого чая.

## Просто чай

Зеленый чай и экстракт из него под названием «Polyphenon E» уже прошли клинические исследования на больных раком простаты. Одно из недавних («Cancer Prevention Research», 2011, 5, 2, 290-298; doi:10.1158/1940-6207.CAPR-11-0306) было проведено на больных, которым предстояла операция: их разделили на две группы по 24 человека. Участники опытов в течение 3—6 недель получали ежедневно за завтраком плацебо (контрольная группа) или по четыре капсулы экстракта чая. Одна капсула содержала 200 мг наиболее активного полифенола зеленого чая — эпигаллокатехин-3-галлата (в английской аббревиатуре EGCG), так что дневная доза была эквивалентна 12—16 чашкам бескофеинового чая. По многим показателям результаты были явно положительными, но статистически не значимыми. Чтобы строго обосновать выводы, потребовалась бы группа в 5—10 раз больше.

Однако предшествующее исследование («Cancer Prevention Research», июнь 2009 года; doi:10.1158/1940-6207.CAPR-08-0167), выполненное почти в таких же условиях, было вполне успешным. Удалось добиться даже понижения ПСА. Успешным оказалось и испытание на больных в предраковом состоянии («Cancer Research», 2006, 66, 2, 1234—1240). В опытной группе (30 человек), получавшей по три капсулы экстракта в день, через год рак был обнаружен лишь у одного участника (3%). В контрольной же неоплазия переросла в рак простаты у девяти человек (30%). Пациентов, получавших экстракт зеленого чая, через два года обследовали повторно. Их состояние не изменилось.

Однако не все испытания были столь успешными. Группа больных с карциномой простаты из 42 человек, не поддающейся гормональной химиотерапии, получала шесть грамм экстракта зеленого чая в день и находилась под наблюдением месяц («Cancer», 2003, 97, 6, 1442—1446). Уровень ПСА снизился незначительно, у некоторых больных была отмечена отрицательная реакция

на прием чая. Эксперимент прекратили как неудавшийся. Неудачно закончились исследования 2005 года в группе из 19 больных с возвратным гормонозависимым раком простаты.

Видно, что хорошие результаты получаются на ранних стадиях заболеваний или даже на этапе профилактики. Положительный эффект получен также и с аденомой простаты, правда, не на чистом чае: группа Е.В.Кульчавени из НИИ урологии проводила клинические испытания препарата «Индигал» («Эффективная фармакотерапия в урологии», 2009, № 1). Это биологически активная добавка; ее капсулы содержат экстракты капусты разных видов, в том числе брокколи (90 мг, индол-3-карбинол) и чая (15 мг, EGCG). Группа из 31 пациента в возрасте от 51 до 75 лет с аденомой простаты на протяжении четырех месяцев ежедневно получала по четыре капсулы «Индигала», что в пересчете на EGCG соответствовало всего одной-двум чашкам зеленого чая. Тем не менее по всем показателям курс лечения прошел очень успешно. Ограничимся лишь средними значениями ПСА по группе (нг/мл): начальный  $2,1 \pm 0,9$ , через два месяца  $1,9 \pm 0,8$  и конечный  $1,6 \pm 0,5$ .

При лечении чаем и микробиота доставляет меньше проблем. Зеленый чай богат низкомолекулярными полифенолами, такими, как EGCG, эпигаллокатехин EGC и прочие. Они начинают всасываться в кровь уже в тонком кишечнике. Конечно, они тоже подвергаются метаболизму по обе стороны барьера желудочно-кишечного тракта. Однако в опытах на мышах и на людях установлено, что такие полифенолы проникают в ткани простаты и удерживаются там. При ферментации чая EGCG и EGC превращаются в димер теафлавинов, который в отличие от энотеина В тоже проникает в кровь. В ткани простаты его накапливается даже больше, чем мономеров. Теафлавины в модельных исследованиях также проявили антиканцерогенные свойства, но отклик простаты на черный чай изучают мало: на клеточном уровне и на животных преимущественно работают с EGCG. Однако и без этого ясно: если вам за 50, а уровень ПСА еще не 10 нг/мл, то самое время попытаться изменить вкусы и перейти на зеленый чай в хороших дозах. Бескофеиновые экстракты чая и БАДы в объявленную тему не входят, о них и не говорим.

## Принцип действия

Интерес фармакогнозии и фитохимии к обыкновенному чаю побуждает задуматься о том, как именно все перечисленные вещества препятствуют

развитию рака. По сути, полифенолы чая — это фитоандрогены. Название аналогично тому, что дано их противоположностям — фитоэстрогенам, которыми богата, например, соя. Те и другие — вещества, по строению близкие к половым гормонам и в определенных случаях проявляющие сходную биологическую активность. У фитоандрогенов, как и у фитоэстрогенов, избирательность далека от 100%, так что они у мужчин могут воздействовать как на андрогенные (AR), так и на эстрогенные (ER $\alpha$  и ER $\beta$ ) белки-рецепторы. В простату гормоны попадают с кровью, за исключением дигидротестостерона (DHT). Последний образуется здесь же, внутри клеток, из тестостерона (Т) с участием фермента 5 $\alpha$ -редуктазы, которая имеет две изоформы 5 $\alpha$ -R1 и 5 $\alpha$ -R2. В присутствии другого фермента, ароматазы, тестостерон превращается в эстрадиол (Е). Гормоны взаимодействуют с рецепторами, комплекс гормон-рецептор переносится в ядро и стимулирует транскрипцию целевых генов.

Поскольку этот этап хроматинный, он не расписан на подготовленной автором схеме (рис. 3), которая к тому же отражает лишь биохимическую картину в отрыве от физиологии. Здесь сведены воедино рецепторы и ферменты, содержащиеся в разных клетках простаты: строме (ER $\alpha$ , ароматаза), эпителии апикальном (AR, ER $\beta$ ) и базальном (5 $\alpha$ -R, ER $\beta$ ). Клетки последнего типа и могут перерождаться в раковые. Основной вклад в пролиферацию вносят пары DHT+AR и ER $\alpha$ +Е, а в апоптоз — ER $\beta$ +Е. Нарушение баланса «приход/уход» в пользу первого приводит к патологии.

О связи заболеваний простаты с гормональным статусом организма догадывались давно: впервые успешную терапию рака простаты провели в 1941 году. Тогда канадец Чарльз Хаггинс, работая в Чикагском университете, помимо хирургического удаления железы, стал применять «химическую кастрацию», используя для этого синтетический эстроген диэтилstilбестрол. В 1966 году он получил Нобелевскую премию «за открытия, касающиеся гормонального лечения рака предстательной железы». Диэтилstilбестрол



## РАССЛЕДОВАНИЕ





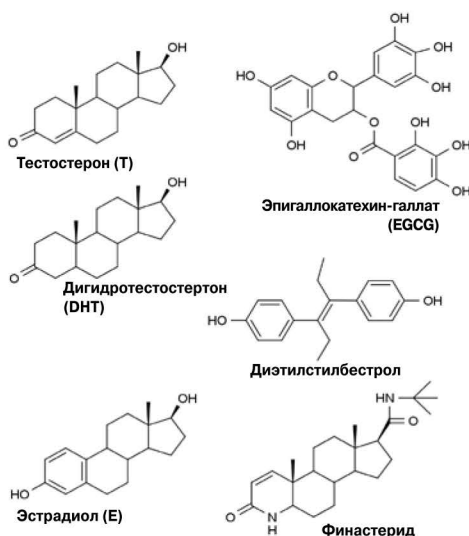
## РАССЛЕДОВАНИЕ

подавляет у мужчин синтез тестостерона, и размножение клеток простаты замедляется (на схеме разомкнут верхний замок). Потом нашли более щадящие средства такой блокады: понятно, что любое вмешательство в область гормонального регулирования чревато неприятностями, особенно такое мощное.

Через четыре десятилетия после Хаггинса был сделан еще один важный шаг. Этому помог интерес, проявленный к редкому заболеванию жителей доминиканской деревни, где примерно 2% мальчиков рождалось с внешними женскими половыми органами. Это был так называемый ложный гермафродитизм: к 12 годам первичные половые признаки менялись на мужские, но простата на всю жизнь оставалась маленькой. Зато она никогда не болела, вступление в половую зрелость у ее обладателей не сопровождалось появлением угрей, а потом они и не лысели. Джулианна Императо-Макгинли в 1974 году выяснила, что болезнь была следствием мутации, приводившей к дефициту 5 $\alpha$ -редуктазы.

В компании «Мерк», известной всем химикам по поставке реактивов, нашли соединения, блокирующие 5 $\alpha$ -R2, то есть воспроизводящие ситуацию при болезни «пенис к 12» (на схеме разомкнут нижний замок). В 1992 году ее препарат финастерид был одобрен FDA для лечения аденомы, а в 1997 году и для лечения облысения по мужскому типу. По структуре он сходен со стероидными гормонами. Уже найдено средство против обеих изоформ фермента, но и сейчас финастерид входит в первую линию препаратов при аденоме. Ингибиторы ароматазы существуют, однако при заболевании простаты их применяют много реже, чем при раке молочной железы — антисимметричного гормона-независимого заболевания.

У основных полифенолов зеленого чая (как и уролитин) меньше структурного сходства с половыми гормонами, чем у финастерида. Тем не менее разные независимые исследователи подтверждают, что EGCG хотя и ингибирует 5 $\alpha$ -редуктазу слабо и невоспроизводимо, зато оказывается прямым антагонистом андрогенного рецептора AR, что проявляется в снижении активности последне-



3

*В гормональной регуляции роста простаты участвует много персонажей: мужские (обозначены ромбиками) и женские (овалы) гормоны, их рецепторы (фигуры с выемками соответственно в виде уголков и ямок), а также ферменты.*

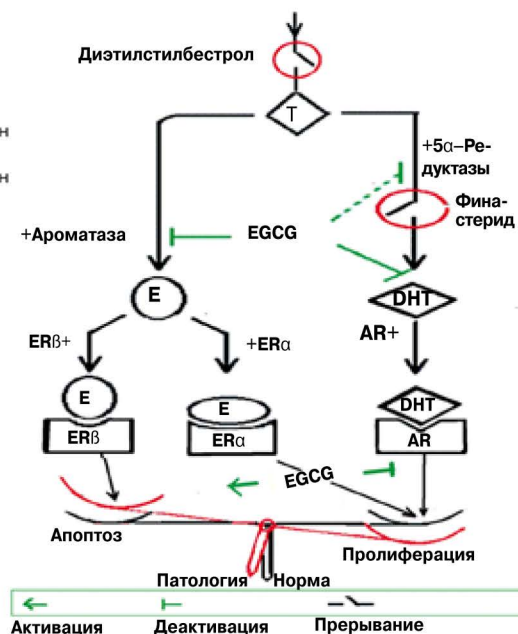
*Лекарства и растительные препараты могут действовать на некоторые из них и тем самым уравновешивать чаши весов*

го на стадии транскрипции. Кроме того, EGCG ингибирует ароматазу. Видимо, именно так, мягко, не изменяя гормональный статус, все упомянутые в статье растительные вещества и оказывают свое профилактическое действие, когда изменения в простате еще не зашли слишком далеко.

## Эпигенетическое лекарство?

Медики, причастные к разработке и продвижению препарата «Индигал», утверждают в своей статье (ссылку см. выше), что «фармакологические возможности торможения опухолевого роста через блокаду андрогенных сигналов как на уровне отделов центральной нервной системы посредством регуляции продукции половых гормонов (агонисты гонадотропинрилизинг гормона), так и напрямую путем блокирования синтеза андрогенов в половых железах (финастерид и др. антиандрогенные препараты) на сегодняшний день практически исчерпаны. Дальнейший прогресс терапии и профилактики рака простаты лежит в области комбинации антиандрогенных препаратов с новыми лекарственными средствами, блокирующими иные механизмы выживания трансформированных клеток».

«Иные механизмы» часто определяются эпигеномом. Общий «генетический портрет», то есть комплекс генов, отклонения в которых встречаются у больных разными видами рака простаты,



ты, уже опубликован. Персонализированная онкология теперь может основываться непосредственно на геноме пациента. Однако заболевание может возникнуть и без повреждения генов — в ситуации, когда «хорошие» гены отключены, а «плохие» активны. Это уже предмет эпигенетики. Вероятно, именно из-за эпигенетических эффектов рак простаты наиболее часто встречается в развитых странах, а в США — среди чернокожих американцев. Более того, новые эмигранты из Африки и Азии быстро включаются в эту печальную статистику. Просыпаются гены, которые активны и у белого населения, но работают они по-другому. Любопытно, что наиболее часто исследования проводят на бессмертной культуре раковых клеток LNCaP, той самой, что упоминалась в начале статьи. Клетки — родоначальницы этой культуры — были взяты у 50-летнего белого мужчины с метастазирующим раком простаты в 1977 году. Возможно, для специалистов и эта деталь существенна.

У раковых больных участки ДНК, кодирующие группу белков, которые подавляют рост опухоли, метилированы, что препятствует их считыванию. Среди полифенолов зеленого чая EGCG — наиболее эффективный ингибитор фермента ДНК-метилтрансферазы, а значит, он способен пробуждать молчащие гены. Не исключено, что более тщательное исследование действия эпигаллокатехинов позволит создать эпигенетическое лекарство против «мужских болезней».





# Вагон

**Ирина  
Грановская**

НАНОФАНТАСТИКА

Фирма размещалась в сцепке из двух вагонов, ржавеющих на бурых от времени рельсах заброшенного тупичка. Вокруг частный сектор, неблагополучный район с опухшими от браги полусапиенсами. Вдалеке подсвечивали небо огни центра города.

Блондиночка в купе для проводников, аккуратно сложив деньги в жестянку, вынутую из шкафа, спросила:

— Вы уже определились с образом? Рок-звезда? Астронавт? Киногерой?

— А котом можно? Вот таким? — Я протянул ей фотокарточку.

Девушка кивнула, взяла снимок и снова полезла в шкаф. Рылась долго. Пару раз из шкафа доносились звуки, словно она там на машинке древней механической печатала. Наконец вынырнула и протянула на ладони обрывок нити с привязанной пластмасской:

— Надевайте. Следуйте за мной. — И вышла.

Странная конструкция: черная коронка на верхний клык, от нее изо рта свешивается толстая нить с узлом на конце. Я оглянулся на оставляемую без присмотра жестянку с деньгами и поспешил за блондинкой. Мы прошли плацкартный вагон почти до конца. На голых полках крепко спали люди с перекинутыми через губу нитками.

— Вот сюда проходите, ложитесь, потом нажмете вон на ту кнопку на стене. Приятных сновидений, — услышал я и поспешил навстречу приключению.

Стоять было жуть как неудобно. Я сделал шаг, другой и почувствовал, что валюсь набок. Тут заметил: вместо рук у меня мохнатые серые лапы, самые кошачьи. И вместо ног.

Значит, все получилось, как мне и рассказывали. Научиться передвигаться по-новому оказалось проще простого. Хотя и страшновато было прыгать выше своей головы. Но пока пробирался через частный сектор, кишасший дурными от скуки дворнягами и агрессивными местными котами, наловчился.

В центре уже было проще. Район знаком до мелочей. Вот нужный дом. В окне первого этажа свет, створка чуть приоткрыта. Прыгнул раз, сорвался. Второй... Только когти проскребли по подоконнику. Внезапно качнулась штора, и в окне в ореоле рыжих кудрей показалась Настя.

— Пушок, вернулся, мой хороший! Нашелся, а я уж и не ждала!

Она выбежала, схватила меня в охапку, все лицо исцеловала. Морду то есть. Но хорошо-то как! Потом Настя кормила меня кусочками лосося и гладила. И уснула, обнимая, колыхая теплым дыханием шерсть на моем загривке.

Через час блаженства я высвободился, выскочил в окно и понесся назад.

На работу опоздал. Домой добрался, помылся-побрился, сел кофе пить, да замечтался... Запыхавшись, я вбежал в здание офиса. У лифта потел выдутыми с утра литрами чая Сергеич, главбух наш.

— Беги скорей, Леха, у вас внеплановая раздача слонов в самом разгаре. Всем досталось по первое число, ты один еще не огреб. Настасья бушует. Совсем озверела, даже кот от нее удрал. Эх, мужика б ей хорошего, да кто ж на такую стерву позарится?





# Третий эволюционный синтез

Г.Ю. Любарский

«Химия и жизнь» уже писала о книге Евгения Кунина, когда была доступна только английская версия (№ 10, 2012). Теперь, благодаря усилиям группы энтузиастов, книга вышла на русском языке. Эта рецензия адресована более широкому кругу читателей — «не боящимся трудностей непрофессионалам», которые хотят узнать, как развивается теория эволюции в эпоху геномики, протеомики и других «омик».

«Логика случая» — книга редкого жанра. Существует множество прекрасных популярных книг о науке и об эволюции, и существует масса специальных книг, преимущественно на английском, на ту же тему. А это — книга профессиональная, написанная не журналистом, а ученым, но решающая столь общие вопросы, написанная так глубоко и ясно, что ее может читать и не боящийся трудностей непрофессионал. За труд он получит выигрыш: аргументы, рассуждения автора — не адаптация, не придумка для облегчения понимания, а те самые аргументы, которые используют специалисты. Это «настоящая» книга, не адаптированная.

Рассказать эту книгу — все равно что рассказать всю историю эволюционной биологии. Можно смотреть на нее как на отчет: что достигнуто в решении вопроса о происхождении жизни? Или как на яркое и обобщенное изложение конкретных открытий в области изучения живого за последние 30 лет. Таких точек зрения много, однако удобнее, видимо, рассказать о третьем эволюционном синтезе. Предшествующий синтез закончился созданием СТЭ — синтетической теории эволюции, которая до сих пор является мейнстримной. Но уже накопилось множество данных,правляющих эту теорию, и приближается время очередного синтеза. О некоторых важных чертах новой укладки теорий эволюционной биологии и рассказывает автор.

Эта новая версия эволюционного мировоззрения вызвана революцией в области сравнительной геномики и падением метафоры дерева жизни. Прежде при изучении эволюции обращали внимание прежде всего на закономерности процесса, вроде

Е.В. Кунин.  
Логика случая.  
О природе и происхождении биологической эволюции. —  
Москва:  
Центрполиграф,  
2014

факторов и движущих сил. Потом эволюция стала последовательностью форм, как генеалогия, дерево жизни. Теперь стало ясно, что и это понимание недостаточно. Внешний ориентир для современной эволюционистики — достижения космологии, попытки увязать эволюцию космоса с тем, что мы знаем об эволюции жизни.

Напомним, «где мы остановились». Основные постулаты СТЭ:

- 1) ненаправленная случайность наследственных изменений;
- 2) эволюция как фиксация редких выгодных изменений (описывается процесс, похожий на «невидимую руку рынка» Адама Смита);
- 3) градуализм — изменения идут медленно и постепенно, незаметно;
- 4) униформизм — изменения следует толковать как результат действия уже известных факторов;
- 5) макроэволюцию следует считать эпифеноменом микроэволюции, никаких особенных закономерностей макроэволюции нет;

- 6) адекватное представление эволюции — дерево (древесное мышление);
- 7) все наличное разнообразие произошло от общего предка.

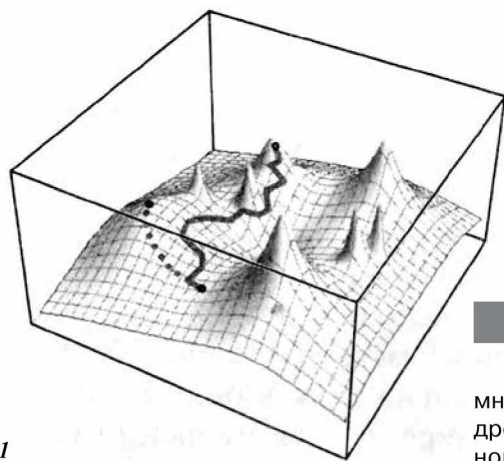
Дарвин описал удивительный механизм, его теория отбора — машина для создания отрицательной энтропии, она вырабатывает порядок из беспорядка, так что разнообразие форм жизни возникает из запомненных случайностей.

И вот с этого места, с состояния эволюционной теории на середину XX века, автор движется дальше, показывает, какие открытия заставляют изменить привычные представления. Сердцевина эволюционной теории — понятие ковариантной редупликации, копирования с ошибками. Из этого положения, в сочетании с представлением об отборе и случайном дрейфе, выводятся все прочие блоки теории.

Важнейшим этапом развития современных взглядов стала нейтральная теория молекулярной эволюции (ее предложил японский биолог Мотоо Кимура). Центральную роль в ней играет идея случайности, ведущей эволюцию







1  
Морфогенетический  
ландшафт

независимо от отбора. Прежде полагали, что все гены функциональны, все выполняют биологическую роль. Новые открытия эгоистичных генов, мусорной ДНК, мобильных элементов указывают на иную концепцию: основная масса генетического материала нефункциональна. Проясняется магистральный путь «нейтральной эволюции»: дупликация генов, приобретение почти-близнецами разных функций, а в результате — усложнение и рост разнообразия.

Эти представления изменяют многие привычные постулаты. Они заставляют отказаться от градуализма в пользу теории прерывистого равновесия Стивена Гулда: дупликацию целого гена и приобретение копией новых функций малыми событиями не назовешь. Изменились представления об адаптивности эволюции, многие изменения происходят путем *экзaptации*, когда признак возникает по конструктивным причинам, побочно используется для некой функции, а со временем побочная функция становится основной. Вновь актуальны идеи *канализации* развития (Конрад Уоддингтон) и растет важность метафоры морфогенетического ландшафта, по сути — рельефа устойчивости системы. Каждый онтогенез, развитие от зародыша до взрослого, — это бег по пересеченной местности, организм ищет себе путь среди трудностей, противоречий и запретов внутреннего устройства развивающейся системы, факторов среды и конкретного генотипа (рис. 1).

Новые данные для опровержения прежних представлений пришли из количественного изучения в области сравнительной геномики. В 1995 году Крейг Вентер публикует первые полные геномы прокариот. С тех пор описано множество полных геномов. Оказалось, что значительная доля генного состава одинакова вообще у всех существ; гены потенциально «бессмертны», и поэтому

многие гены живых существ — очень древние. Высокая наследуемость генов делает сравнительную геномику чрезвычайно важным методом исследования эволюции, геномика особенно хорошо видит самые древние и общие черты.

Сравнительная геномика, сопоставляя полные наборы генов и расшифровывая их функции, неизбежно приходит к идее «минимального организма», обладающего минимальным набором генов, необходимым для выживания.

Чрезвычайно интересно, что эволюцию генома удобно описывать как следствие из статистической физики. Геном можно представить в виде молекулярного газа со случайными взаимодействиями элементов. Гены ведут себя подобно молекулам газа: они довольно устойчивы в эволюции, но их расположение, порядок, взаимные связи очень изменчивы.

Выяснились удивительные различия устройства геномов прокариот и эукариот: у прокариот обнаружилась строгая упорядоченность и экономная архитектура; у высших организмов (эукариот) геномы устроены хаотично, в них много лишних элементов. Автор предлагает смелый сценарий происхождения эукариот: они появились в результате неэффективного отбора.

**П**оиски статистических эволюционных универсалий и измеримых переменных привели к нахождению высокостатусных генов — они меняются очень медленно и взаимодействуют со множеством других генов, и низкостатусных, которые меняются быстро и мало с кем взаимодействуют. Высокоэкспрессивные гены эволюционируют медленно, то есть гены, связанные с производством белков, весьма консервативны, а сетевые регулирующие структуры вокруг них эволюционируют быстро.

Разработана новая теория эволюции белков: она определяется химическими свойствами укладки белка в большей мере, чем его биологическими функциями. Получается, что главный фактор отбора — устойчивость белка, а не его

биологическая роль. Из физических принципов укладки белка вытекает и универсальный закон распределения скоростей эволюции: гены, отвечающие за белок, почти неизменны, а быстро эволюционируют те, что на белке мало сказываются. Биологические функции белка в этой картине глубоко вторичны.

Ошибки в работе высокостатусных генов могут компенсироваться быстро эволюционирующими регуляторными генами. Они образуют обширные сетевые структуры. Биологические сети похожи на Интернет: многосвязные («важные») узлы окружены облаками малосвязных узлов. При этом каждый ген вносит вклад в разные биологические функции, то есть выполняет не единственную функцию, тем самым ген — не автономная функциональная часть, а «аспект» генома — совокупности всех функций.

Сеть генов-регуляторов громоздка, взаимные согласования усложняют сеть, создавая «бюрократическую» нагрузку на функцию. В связи с этим разработана гипотеза «бюрократического потолка» как верхней границы сложности. Видимо, эта верхняя граница в эволюции достигнута, что косвенно подтверждается отсутствием роста числа генов у млекопитающих.

Все эти универсалии эволюции — следствие того, что биологическая система состоит из множества устойчивых, слабо взаимодействующих элементов. При таком подходе понятие отбора оказывается ненужным для описания самых важных закономерностей эволюции. Общие закономерности эволюции на молекулярном уровне описываются стохастическими процессами; эволюция — прежде всего стохастическая система.

**В**ажный этап формирования новых эволюционных взглядов связан с изучением мира прокариот. Прежняя биология говорила только о высших организмах, но с 1977 года, когда Карл Вёзе стал исследовать филогенез молекул РНК, начал набирать силу иной взгляд, который видит мир прокариот как важнейшую составляющую живо-





го на планете. Эволюция прокариот существенно отличается от моделей, предлагаемых СТЭ.

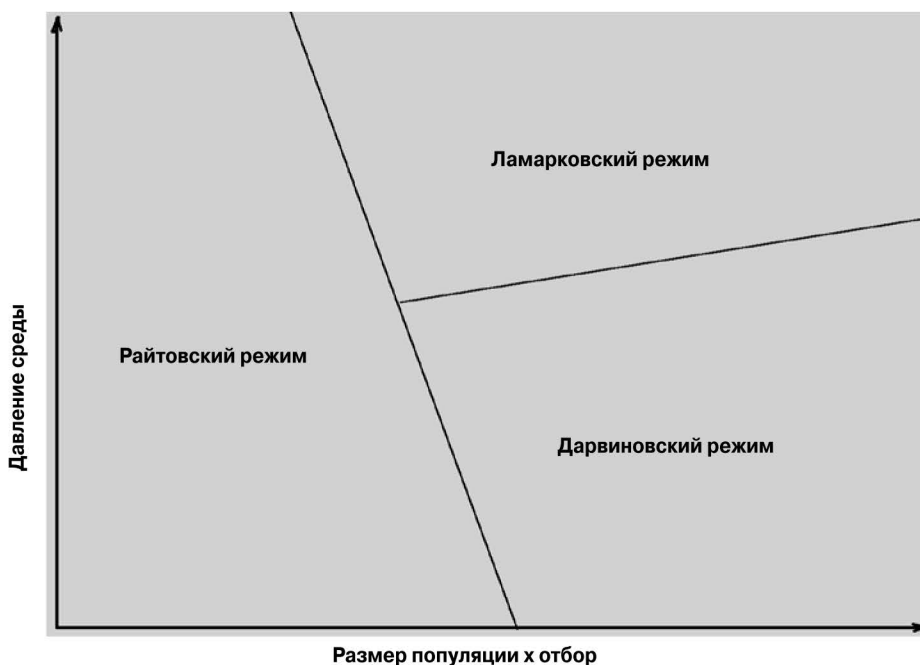
Помимо других важных черт, уникальную значимость в эволюции прокариот имеет горизонтальный перенос генов (ГПГ) — в отличие от вертикального, когда гены передаются от родителя к потомку, при горизонтальном переносе генетическим материалом могут обмениваться неродственные организмы. ГПГ делает невозможной метафору дерева, эволюция прокариот — это сеть, линии в ней не только расходятся, но и сливаются. ГПГ глобален, идет и между царствами, и на всех иных уровнях. Роль его состоит в восстановлении утраченного разнообразия. Случайный дрейф выбивает важные гены из популяций, а вездесущий ГПГ приносит гены, среди которых есть и необходимые.

Мир прокариот принципиально отличается от привычного мира эукариот: это целостность, части которой активно взаимодействуют с помощью ГПГ. Вселенная генов прокариот поддерживается связностью, а отдельные «виды» живут благодаря притоку генов из «вселенной». Прокариоты — это общий мобильный геном, проявляющийся в тех или иных эфемерных «организмиках».

Эукариоты произошли в результате симбиогенеза: одна «проглоченная» древней археей бактерия стала митохондрией, другая — хлоропластом. Подтверждается данный сценарий тем фундаментальным фактом, что эукариоты без митохондрий не обнаружены. Реконструкция предка эукариот приводит к парадоксальному выводу: все основные структуры клетки у него уже были, он появился весь и сразу, а не по частям.

Эволюция эукариот была следствием противоречий симбиогенеза. Огромное количество генов, которые реплицируются во внутренней бактерии, теперь бомбардировали геном археи-хозяина, встраивались в него и нарушали его работу. Гены симбионта идут к незащищенной ДНК хозяина, а гены хозяина не могут пройти к ДНК симбионта: она защищена бактериальной (митохондриальной) мембраной. В итоге симбионт теряет гены и «растворяется» в хозяине. Важнейший признак эукариот — стенка ядра возникает в качестве приспособления к этому прессингу симбиотической ДНК.

Геном эукариот отличается тем, что значимые элементы в нем перемешаны со случайным мусором — интронами, некодирующими участками (часть этого мусора — от древних симбионтов). Для избавления от интронов возникает сплайсинг — редактирование текста ДНК еще до построения белка, вырезание бессмысленных кусков кода. В



качестве адаптации эукариоты отказались от ГПГ — и им пришлось изобрести половой процесс для увеличения разнообразия, поскольку ГПГ играет эту роль в мире прокариот. Вредные мутации убьют изолированную популяцию, ее спасает ГПГ, приносящий «правильные» гены, — или половой процесс.

Так возникает общая теория эволюции генома; это случайный, нейтральный процесс. С ростом сложности генома растет энтропия, то есть геномы прокариот более упорядочены, а геномы эукариот хаотичней. У прокариот информация упакована плотно, у эукариот — рыхло.

**Д**ля объяснения этого вопиющего факта — прокариоты устроены «умнее» и «совершеннее», нежели эукариоты, — предложена неадаптивная теория эволюции. Дело сводится к размеру популяции: у прокариот популяции чудовищно огромны, и поэтому у них очень силен очищающий отбор, быстро удаляющий все отклонения. Популяции эукариот малы, и эффективность отбора невелика — очищающий отбор не может очистить их геном от свалки, остается множество ненужных, неадаптивных деталей, которые иногда частично используются эволюцией. Сложность растет не благодаря отбору, который бы ее «подтягивал и выращивал», а *вопреки*. Мы — результат неприспособленности, *сложность — это болезнь генома*, не вылеченная слишком слабым отбором.

Описание этого эволюционного процесса, который вовсе не исчерпывается отбором, сложное и составное. Можно выделить три режима эволюции: *ламарковский* — в нем факторы

2

*Режим эволюции определяется давлением среды, размером популяции и интенсивностью отбора*

среды влияют на направление мутаций, *дарвиновский*, где случайные мутации отбираются факторами среды, и *райтовский*, где есть только случайность — случайные мутации случайно фиксируются, отчего и возникает сложная организация. В книге приводятся описания механизмов ламарковских процессов на молекулярном уровне. Это процессы в системе иммунитета, а также еще несколько механизмов эпигенетического наследования, это ГПГ и стресс-индуцированный мутагенез. В целом это «боковые» механизмы, поскольку работает защита прямого пути передачи информации (отбор против дестабилизации генома), но все же есть изощренности, обходящие запрет.

Дарвинов режим работает при слабом давлении среды, при сильном начинаются ламарковские процессы. От давления среды (стресса) зависит частота мутирования и факторы укладки белков, то есть точность трансляции информации. При этом сама эволюция эволюционирует, изменяется, может предвидеть исторически типичные ситуации. В целом плоскость «давление среды» (ордината) и «размер популяции x отбор» (абсцисса) поделена на три области — у оси ординат райтовский режим, у оси абсцисс дарвиновский, а при высоких значениях на обеих осях — расширяется в центре графика ламарковский сектор (рис. 2). Когда отбор очень силен и все мутации неблагоприятны, сочетание фенотипических мутаций может спасти организм. Так достигаются труднодоступные точки на рельефе устойчивости.



Фундаментальные открытия в изучении прокариот дополнены новым взглядом на мир вирусов. С 2000 года в вирусологии разворачивается революция, связанная с открытием гигантских вирусов (мимивирусов), по размеру подобных клеткам, а также с пониманием удивительной распространенности вирусов. Вирусы — это живые «эгоистичные гены», воплощение метафоры. Среди вирусных частиц особенно много так называемых агентов переноса генов (АПГ), то есть мир вирусов — это материальный субстрат, который служит основой ГПГ. В биосфере, оказывается, доминируют АПГ, это самые распространенные биологические объекты. Это генетическая среда, *океан генов*, который окружает все живые организмы, проникает в них и перестраивает.

Изучение происхождения вирусов показывает, что там нельзя отыскать монофилию — не было никакого общего предкового вируса. Мир доклеточной жизни рисуется как гигантская сеть взаимодействующих через ГПГ генов, и в этой сети нельзя вычленить стволы. Конкретные сочетания генов — элементов этой сети — порождали разные вирусы, тут же распадавшиеся, чтобы стать другими.

Вирусы не происходят из клеток, они происходят из доклеточного мира независимых репликаторов. «Эгоистичные гены» сначала существовали сами по себе, а потом стали постепенно обзаводиться «телами», хоть и не все — остались еще наследники того мира «неодетых в тела» генов, потомками которых и являются вирусы. С появлением репликации начинается генный паразитизм, все репликаторы делятся на факультативных хозяев и факультативных паразитов. Затем идет специализация — одни становятся клетками (облигатными хозяевами), другие вирусами (облигатными паразитами). Многие особенности молекулярных машин в клетках говорят о давней гонке вооружений хозяев и паразитов: хозяева совершенствовали защиту от вторжения, паразиты — средства проникновения.

При изучении древнего генома вирусов появляется задача — реконструировать последнего общего предка всего живого. К происхождению жизни отыскивается подход «сверху», через выделение общих черт всех существующих организмов. Вычленяется набор универсально распространенных молекул (РНК в рибосомах, системы трансляции — синтез белка на РНК, ферменты). У этого общего предка не было клеточной формы жизни, поэтому многих черт отследить нельзя.

На той, доклеточной стадии множество РНК было объединено ГПГ в осо-

бенный мир репликаторов, это был мир РНК. Жизнь началась как первичный вирусный мир; то, что тогда существовало, мы бы назвали вирусами, только тогда не было клеток, на которых они могли бы паразитировать. Происходил отбор ансамблей элементов, что сопровождалось сокращением ГПГ, — то есть мир «всеобщего свободного обмена» постепенно перестраивался в мир хоть чем-то ограниченный и частично не меняющийся. В целом это был мир эгоистичных генов, с огромными популяциями, очень жестким отбором и потому быстрой эволюцией.

**И**зучать проблему происхождения жизни невозможно без ее определения. Для ориентировки вводится простая формула: *любой репликатор является формой жизни*. Отсюда вывод о ковариантной редупликации, то есть о связи генотип — фенотип, когда появляется представление об ошибках репликации, об эффективности репликации и отборе. Эта обратная связь замкнута на устойчивость репликаторов и гонит их к более устойчивому состоянию.

Происхождение жизни — вопрос, выходящий на (пред)биологическую химию и геофизику. В неживом мире начинает действовать так называемый цикл Дарвина — Эйгена. (Манфред Эйген — автор теории гиперциклов, объясняющей самовоспроизведение предбиологических молекул.) Утверждается, что стремление к устойчивости будет гнать систему выше по уровню сложности и эффективности наследования. Увеличение точности репликации делает систему эффективнее, поэтому ее потомки могут по этой спирали пройти еще оборот.

Порог Эйгена определяет, будет ли идти стабильное наследование или система вымрет, что зависит от соотношения частоты ошибок репликации и информационной емкости системы. Но чтобы начался этот цикл, система уже должна обладать значительной пороговой сложностью. В живом идет фундаментальный процесс построения белков с помощью РНК, при этом для синтеза РНК нужен белок, и как эту сложную фабрику представить возникающей по частям, непонятно. Нужно чудо, и решение тут не может быть тривиальным.

Выход из парадокса найден в идее мира РНК: функции, которые позднее взяли на себя белки, выполняли РНК, хуже, но приемлемо. Тем самым можно обойтись без чуда: парадокс взаимозависимых РНК и белка разрешается. У теории мира РНК есть трудности, например, она плохо подтверждается экспериментально. Тем не менее уже удалось получить продукт, работаю-



КНИГИ

щий всего на порядок хуже, чем то, что по расчетам надо для запуска «цикла Эйгена».

Следующая проблема — происхождение трансляции: с чего это на РНК стали делать белки в соответствии с встроенным кодом? Видимо, это делалось для иной функции. Кажется, белки в мире РНК были ферментами-катализаторами и небольшие их цепочки срачивались при соединении склеенных с ними РНК. Процесс катализа из мгновенного «соединился-отошел» стал долговременным и приобрел новые, строительные функции: субстрат стал «выстраивать стенку» из катализатора.

Обзор и оценка гипотез показывают, что при решении проблемы жизни и самые лучшие наши гипотезы все же нехороши. У нас есть только слабые косвенные свидетельства, прочных оснований не получено, нет вероятных сценариев возникновения жизни. Чтобы укоренить гипотезу о происхождении в наших знаниях, автор обращается к современной космологии.

*Слабый антропный принцип* гласит: во всем множестве возможных миров мы наблюдаем тот, в котором есть мы, потому что произошло невероятное событие нашего возникновения (сильный антропный принцип — утверждение, что это для нас и произошло, такая концепция относится к телеологии и ненаучна). С конца 90-х годов развиваются новые физические теории происхождения Вселенной, так называемые инфляционные теории множественных миров. Говорится, что возникло бесчисленное множество самых разных вселенных (мультиверс), а слабый антропный принцип всегда может «передвинуть» говорящего в ту возможную вселенную, где наблюдается то, что он наблюдает.

Вероятность осуществления в мультиверсе любого сценария, не запрещенного законами сохранения, равна единице. Это соображение и встраивается в ткань объяснений, чтобы сказать, как возникла жизнь. Абиогенно, то есть случайно, произошел отбор наиболее устойчивых РНК, порог Эйгена был преодолен, завертелся цикл Дарвина — Эйгена с отбором точных эффективных репликаторов. Тут же пристроились самособравшаяся





случайно система трансляции с полимеразами и другие необходимые блоки, прошла эволюция надежности генетического кода. Модель мультивселенной и антропного принципа гарантирует достижение любого возможного уровня сложности. Однако не следует утруждать антропный принцип без необходимости, тем более — слабый. Этот принцип мог бы случайно произвести и сразу готового человека, но вероятнее все же сценарий с биологической эволюцией, тем более что, по счастью, мы ее неплохо знаем.

Теперь можно дать определение: эволюция жизни — это преимущественно стохастический процесс, основанный на исторической случайности, ограниченный прежде всего разнообразными условиями поддержания основ биологической организации и модулируемый механизмом адаптации. Возникло новое состояние эволюционной теории в рамках науки *постмодерна*. Большинство принципов предшествующего этапа (СТЭ) не отрицается, но *отрицается их исключительность* — и обратное им тоже верно, то есть СТЭ не отброшена, а существенно дополнена. Все, связанное с отбором, переместилось с главного места на положение «модификатора», все, связанное с адаптацией, потеряло исключительную роль, главное место в теории заняли случайность и устойчивость.

Наука является «постмодерном» в том смысле, что нет глобальной все объясняющей теории, говорящей альтернативам «все вы ложь», — теперь все ранее несочетаемые теории нашли свои места, как фрагменты мозаики; у каждой своя область применимости. Кое-что в прежней эволюционной теории вымерло радикально — если адапционизм ограничен, то градуализм отвергнут (поскольку ГПГ и другие механизмы непостепенны). Отвергнута исключительность «древесного» представления об эволюции, растет сила метафоры сети, хотя и «древесный» аспект сохраняется.

Неожиданно оказалось, что довольно простые математические модели из области статистической физики пло-

дотворны при изучении эволюции. Объяснение этого удивительного сближения в том, что эволюционная геномика имеет дело с автономным множеством слабо взаимодействующих объектов. Разумеется, теория поведения таких объектов сходна с теорией идеального газа. Чем больше ансамбль генов, тем точнее предсказания эволюционной геномики, а вот малые ансамбли плохо предсказуемы.

Отсюда мы приходим к важнейшему вопросу о воспроизводимости эволюции. Получается, что мы вряд ли сможем ее воспроизвести. Эволюция пойдет не так — потому что «так» она пошла случайно. Неслучайные черты эволюции объясняются эпистазом, то есть взаимодействием между «автономными» агентами — например, между генами. Насколько сильны эти взаимодействия, настолько эволюция не случайна. Силы этих ограничений мы не знаем, может быть, они так сильны, что процесс эволюции окажется детерминированным (по Уоддингтону).

Еще одна линия поправок к «обычной СТЭ» касается отношений генотипа и фенотипа. Принято считать, что генотип определяет фенотип, но это утверждение требует многих оговорок, оно чрезмерно упрощено. Связь генома с фенотипом принципиально недетерминирована, и эта «слитная наследственность» ограничивает эволюцию. По генотипу не удается однозначно судить о фенотипе, фенотипические последствия генома нетривиальны. Сердцевина фенотипа — это антиэнтропийные устройства, уменьшающие уровень ошибок генотипа при передаче информации.

И в результате на важнейший вопрос о причинах возникновения сложности следует ответ вызывать простейший: сложность возникает, потому что может возникнуть, поскольку это не запрещено фундаментальными законами. Сложность не «специально возникла», а «пропущена», нашу ветку эволюции просто ни разу всерьез не прижимало мощным отбором, и мы «жируем», поддерживая избыточную сложность.

Вырисовываются особенные черты постсовременной теории эволюции как части науки постмодерна. Это сложная система дополнительных взглядов, опирающаяся на модели, которые заимствованы из статистической физики и популяционной генетики, а также на реконструкции фактического эволюционного прошлого. Для науки постмодерна характерен отказ от позитивного формулирования собственной цельной всеобъемлющей теории, согласие на принципиально нецелостный конгло-

мерат взглядов. Наука не может уподобиться философам и все отрицать, в науке есть нарративы (парадигмы), но в эволюционной биологии теперь нет единой теории, объявляющей альтернативы ложью, а имеется переплетение подходов разного уровня абстракции.

Описание эволюции само имеет очень высокую сложность и сопротивляется любому обобщению. Полной теории, подобной статистической физике, в биологии не может быть. Возможны частные теории для разных аспектов эволюции, связанные нетривиально. Эволюционная биология остается «исторической наукой», в которой многое решил случай. Следует признать, что история уникальна и ее нельзя полностью описать общими законами. А задача науки — узнать как можно больше о каждом уникальном историческом событии.

Современные (и прошлые) эволюционные объяснения являются упрощенными «мифами», но все же язык этих мифов лучше подходит для формулировки и проверки гипотез, стимулирующих дальнейшее исследование, чем какое-нибудь «объективированное» описание. И потому нельзя отказаться от них. Следует сознавать, что эволюционные объяснения, все эти ответы на «почему» — семантические приспособления, они служат для упрощения нашего мышления об эволюции.

Кроме уровня фактов и предсказаний фактов нам требуются для понимания общие положения. Но эти общие теории неизбежно метафоричны, упускают многие детали реальности, однако они легче для понимания. Для ориентирования в мире нам надо иметь картину реальности, и в ней — понимание истории жизни.

Какова же эта самая общая фоновая картина, на которой вырисовывается современная теория эволюции живого? Это теория мультиверса, множества возможных миров, концепция бесконечного количества подобных вселенных (по Александру Виленину). Мир многих миров, где есть решительно все, что фундаментально не запрещено, и в этом мире выстраиваются теории о вероятности того, что все равно есть. Эта точка зрения считается фундаментальной для исследования эволюции, базовой картиной мира, в котором происходит наше познание — и в котором написана книга Е.В. Кунина.



# Ужас дачника

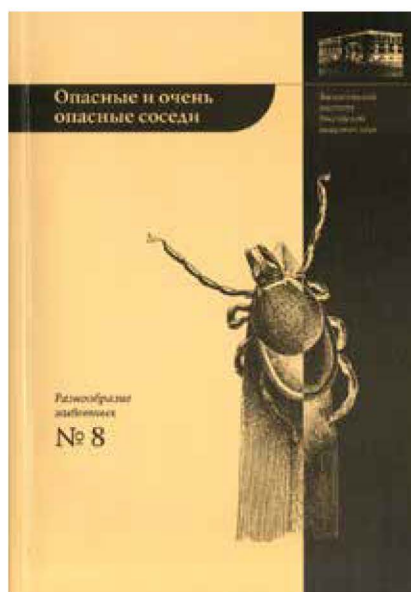
Кандидат биологических наук  
**К. Г. Михайлов**

**Н**овая книга вышла в серии «Разнообразие животных», которую выпускает московское издательство «КМК» совместно с Зоологическим институтом Российской академии наук (Санкт-Петербург). Среди других изданий в этой серии — книги, посвященные пресноводной гидре, городскому комару, мамонту, брачной жизни птиц (В.А.Паевский, «Пернатые многоженцы»), а также обитателям моря и подводным исследованиям (в том числе С.Ю.Гагаев, «Записки водолазного старшины»).

Авторы «клещевой» книги — известные специалисты-акарологи, сотрудники Зоологического института, супруги Андрей Николаевич Алексеев и Елена Всеволодовна Дубинина. (Напомним, что наука о клещах называется акарологией. Арахнология — наука о прочих паукообразных: пауках, скорпионах, сенокосцах и т. д.)

Клещи — большая и очень разнообразная группа класса паукообразных из подтипа хелицеровых, которая, по моим данным, включает свыше 40 000 видов (по мнению авторов книги — более 60 000 видов). Ученые до сих пор спорят, разместить ли их многочисленные семейства в три, четыре или семь отдельных отрядов. Клещи, как и прочие паукообразные, — очень дальние родственники насекомых: у них четыре (а не три) пары ног, нет четко выделенной головы, жевательных челюстей, сложных глаз, никто из них не умеет летать. И насекомые, и паукообразные относятся к типу членистоногих животных, но назвать клеща или паука «насекомым» — грубая ошибка.

Питаются клещи по-разному. Есть среди них и хищники, и сапрофаги (подъедатели объедков), и паразиты растений и животных, в том числе самые настоящие кровососы. Данная книга посвящена двум видам крупных клещей из семейства иксодовых — лесному *Ixodes ricinus* и таежному *Ixodes persulcatus*, а также болезням, возбудителей которых они переносят. Эти клещи-кровососы широко распространены в лесной зоне Европы и России, от самых западных регионов до Дальнего Востока. Конечно, хотелось бы узнать что-то и про других иксодовых клещей, например про жителей лесостепной и степной зон из рода *Dermacentor* (гораздо более симпатичных по виду, чем иксодесы, с красивыми пятнышками на спинке), тоже кровососов и «переносчиков». Но, увы, в книге об этом ни слова. На то есть «Жизнь животных», руководства по медицинской



зоологии и фундаментальные тома в серии «Фауна России и прилегающих стран» (ранее — «Фауна СССР»).

Книга разделена на главы, посвященные истории открытия двух видов клещей, их внешнему облику, жизненному циклу и образу жизни, врагам и паразитам, болезням, которые они передают, способам индивидуальной защиты от клещей и самой главной проблеме — как удалить присосавшегося клеща (см. врезку). Текст ориентирован скорее на обывателя с минимальной научной подготовкой, чем на специалиста-зоолога. Однако никакого заигрывания с читателем не происходит, книга написана на хорошем научном уровне.

Краткое описание внешнего вида голодных, еще не напивавшихся клещей дополнено цветными фотографиями на вклейке. И шестинogie личинки, и восьминогие нимфы, и самки, и самцы иксодовых клещей пьют кровь теплокровных животных, в первую очередь млекопитающих и птиц. Основные кровососы, как и у комаров, — самки; в отличие от комаров, самцы клещей иногда тоже сосут кровь, хотя предпочитают целебное голодание или сок растений. Наевшаяся самка становится почти шарообразной — объем ее тела может увеличиться в 30 раз!

Клещи-иксодесы большую часть жизни проводят в лесной подстилке. Они ищут своих хозяев-прокормителей по запаху, ощущая его на огромном расстоянии — до 15 метров. (Длина тела самки иксодеса не превышает 4 мм!) Другие ориентиры — сотрясение почвы от шагов будущего хозяина и выделяемое им тепло. Клещи поджидают лесных зверей около их постоянных троп, сидя на кустах или травинках на высоте до 1—1,5 метров, либо подползают к беспечным дачникам, расположившимся на пикник... Наиболее активны и опасны эти паразиты весной — ранним летом и с августа по ноябрь. В сильный дождь или в середине солнечного дня иксодесы сидят в укрытиях и, как правило, не охотятся.

А.Н.Алексеев, Е.В.Дубинина.  
Опасные и очень опасные соседи:  
«энцефалитные» клещи.  
Москва — Санкт-Петербург.  
Товарищество научных изданий КМК, 2014



КНИГИ

Максимум их активности таков же, как у диких лесных животных, — утро и вечер. Интересно, что клещи, зараженные вирусом энцефалита, в среднем двигаются в полтора раза быстрее, чем их незараженные сородичи.

«Начиная питаться, клещ выделяет в ранку слюну, предотвращающую свертывание крови. Следующая порция слюны, затвердевая, закрепляет клеща на коже, цементируя края ранки». Момент присасывания для человека незаметен, в отличие от укуса комара. Почему? Оказывается, клещ присасывается в тех местах кожного покрова, где чувствительность кожи минимальна. Эти места отличаются высоким электрическим потенциалом, который клещ может, по мнению авторов, измерять при помощи своих пальп — второй пары конечностей, расположенных после хелицер и перед восемью ходильными ногами. А как же на диких животных, тоже электричество замеряют? Ответа на этот вопрос в книге нет, но, по-видимому, на животных клещи вынуждены искать участки кожи, не покрытые густым мехом или перьями (морда и уши у зверей, окологлазная область у птиц), и те места, с которых животное не может считать паразита. Именно поэтому на ежах, которые не могут прочистить пространство между иглами, обитает столько клещей. Внимание, дачник! Боишься клеща — не приноси домой или на участок ежиков!

Слюна клеща содержит обезболивающие вещества, поэтому укуса можно не заметить. Самка может сосать кровь в течение нескольких суток. Наевшийся паразит отваливается и падает на землю. Самка переваривает кровь, яйца в ее теле созревают. После откладки яиц она погибает. (Самцы тоже живут недолго.) Одна самка способна отложить от одной до трех тысяч яиц; хорошо, что большая часть их в природе погибает. Цикл развития клеща от яйца до взрослой особи длится 3—5 лет.

А почему, собственно, клещи-иксодесы так опасны? В XX веке выяснилось, что они переносят возбудителей опаснейшего вирусного заболевания — клещевого энцефалита. Эта инфекция поражает серое вещество головного мозга, оболочки головного и спинного мозга. Энцефалит приводит к осложнениям на всю жизнь, часто и к смертельному исходу. Он распространен от некоторых областей Европейской России до Сибири и Дальнего Востока. Местное население, получая



небольшие порции возбудителя с раннего детства, иммунизируется. Наиболее ярко энцефалитная проблема встала в 1930-е годы, когда молодая советская власть начала активное освоение природных богатств Сибири и Дальнего Востока. Болели и умирали приезжие геологи, топографы, красноармейцы. По указанию наркома обороны К.Е.Ворошилова в 1937 году была организована специальная экспедиция Наркомата здравоохранения, в которой приняли участие ведущие паразитологи и медики-эпидемиологи. Активные исследования продолжались в течение всех предвоенных лет, и удалось быстро выявить вирусную природу возбудителя энцефалита. Сегодня от этой болезни делают прививку, которая обязательна, если житель Москвы или Санкт-Петербурга едет, например, в Сибирь или на юг Дальнего Востока.

Другая неприятная болезнь, о которой заговорили в последние 20—30 лет, — боррелиоз, или болезнь Лайма. Это бактериальное заболевание также переносят иксодовые клещи. Оно поражает самые разные органы (суставы, поверхность мышц и даже сердца) и проявляется не сразу, что затрудняет раннюю диагностику. Единственный верный показатель наличия заболевания — анализ крови на присутствие этих бактерий. В настоящее время известно уже четыре патогенных для человека вида боррелии. К сожалению, надежного лечения боррелиоза до сих пор не разработано.

Итак, от иксодовых клещей надо защищаться. Для работников экспедиций в таежной зоне России уже давно созданы «энцефалитные» костюмы. Рукава и штанины необходимо затягивать резинками или специальными завязками, чтобы преградить клещам путь к телу человека. Штаны следует заправлять в носки; а еще лучше — надевать резиновые сапоги, по гладкой поверхности которых клещ соскальзывает. Голову лучше всего прикрыть плотно прилегающим капюшоном. В более сложно устроенных противоклещевых костюмах есть еще внутренняя рыхлая рубашка, которая и защищает от укусов, и впитывает лишнюю влагу тела. Ткань таких костюмов должна быть мелкоячеистой, чтобы через нее не проникали мелкие нимфы и личинки клещей.

Другой важный прием защиты — само- и взаимосмотр после возвращения из леса. Это надо делать всегда, не важно, применяли вы противоклещевые средства или нет. Химические препараты против клещей разработаны, но они довольно ядовиты, и наносить их на кожу ни в коем случае нельзя — только на одежду.

Главный результат прочтения книги — испуганные дачники и любители пикников. Если от клещевого энцефалита можно уберечься своевременными прививками, то защиты от боррелиоза практически не существует. Но все-таки дачников можно утешить: не

каждый клещ заражен. К тому же возбудитель боррелии передается в кровь человека только через восемь часов после начала кровососания, так что от заражения могут спасти своевременные осмотры.

К сожалению, в книге встречаются досадные ошибки. Так, слово «хелицеры» (первая пара конечностей хелицеровых, похожая на клешни), по мнению авторов, происходит от латинского *schisis* (расщепление); на самом деле в древнегреческом языке есть слово *chela* — клешня, коготь. Арахнолог — это исследователь не пауков,

а паукообразных. *Arachniden* по-немецки не «клещи», а опять же паукообразные. Не слишком удачно выражение «трехногая личинка» применительно к личинке с тремя парами ног.

Подвожу итог: книга полезна и интересна. Кратко, простым языком изложена довольно сложная информация, иллюстративный материал тщательно подобран. Рекомендую для прочтения любителям природы, преподавателям и заинтересованным ученикам школ, колледжей и гимназий.

## Как удалить присосавшегося клеща?

Отрывок из книги А.Н.Алексеева и Е.В.Дубининой

В 20—30-х годах прошлого столетия клеща просто вырезали вместе с участком кожи на глубину до 1 см. Фактически вырезали участок со слюной, которую клещ выделял в ранку, чтобы избежать попадания возбудителя инфекции в организм. Затем это место прижигали. Теперь подобные варварские, хотя и достаточно эффективные методы не применяют.

Если вы поймали на себе двигающегося клеща, следует его уничтожить: сжечь спичкой, раздавить на камне и т. д. Ни в коем случае не давить руками, т. к. на коже рук могут быть микротрещины.

Если к вам присосался клещ, не старайтесь выдернуть его как можно быстрее. Гораздо правильнее не торопясь вытащить его, используя какое-нибудь приспособление: пинцет, щипчики, петли (они продаются в аптеках). Если у вас нет ничего подобного, то сделайте из нитки небольшую петлю, затяните ее у основания хоботка клеща, у кожи. Прочно затянув петлю (но не перерезав и не разорвав хоботок), медленно покачивая из стороны в сторону, постарайтесь вытащить клеща. Ни в коем случае не тяните вверх, рискуете оторвать хоботок. Как пишет А.Н.Шаповал (1961), такой метод извлечения клещей ниткой был предложен в 1938 году участником дальневосточной экспедиции П.И.Мариковским, тогда «местным работником», затем профессором-энтомологом Томского университета.

Повторю: поспешное удаление клеща неуместно! При этом чаще всего выдавливают его содержимое. В таком случае вирус (если он есть) все равно попадет в ранку на коже, поврежденной клещом.

Если вы вытащили клеща и не раздавили его, но в коже остался хоботок (видна черная точка на месте присасывания), удалите его иглой или булавкой, обработанной дезинфицирующим средством. После удаления хоботка это место следует смазать йодом.

Народная медицина советует для удаления клеща смазать его маслянистой жидкостью (керосином или растительным маслом). Этот способ эффективен, но крайне вреден! Клещ действительно попытается сам покинуть место присасывания, однако при этом он будет выделять все больше слюны, а следовательно, все больше возбудителей, если клещ заражен.

Ни в коем случае не следует вытаскивать клеща зубами. Это верный путь ввести возбудителя (прежде всего вирус) в слизистую рта. Один папа, увидев клеща на голове сына, в ужасе выкусил его. Сын остался здоровым, а отец получил два возбудителя одновременно, заболел и энцефалитом, и боррелиозом.

Вытащив клеща, надо или уничтожить его, но не давить пальцами, как мы написали выше, или, если клещ довольно долго питался, сохранить для исследования в небольшой емкости (во флаконе, бутылке или даже в спичечном коробке), положив туда несколько травинок, чтобы клещ не высох. В любом случае после извлечения клеща 10—14 дней следует наблюдать за своим состоянием, в частности за температурой тела.

В настоящее время по весне появляется информация о том, куда обращаться с присосавшимися клещами. Это нужно делать, чтобы при необходимости своевременно начать лечение. Лечение эффективно только в том случае, если начато в течение четырех суток с момента присасывания клеща.

Мы рекомендуем любителям леса, особенно в период активности клещей, иметь с собой специальную «противоклещевую аптечку»: 1) флакончик с 5%-ным йодом, которым следует обработать ранку после удаления клеща (йод убивает вирус!); 2) тюбик с антибиотиком, например тетрациклином или левомицетином и 3) бактерицидный пластырь. (Конечно, хорошо бы иметь также что-то для вытаскивания клеща: пинцет, специальные щипчики и петлю либо просто прочную нитку.) Нанеся каплю антибиотика на пластырь, заклеить им ранку, предварительно обработанную йодом. Антибиотик убивает бактерии, в частности возбудителя клещевого боррелиоза. Наклейку оставить на 2—3 суток.





# Московский Дом Книги

## СЕТЬ МАГАЗИНОВ

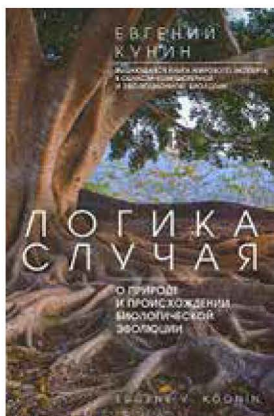


КНИГИ

**Евгений Кунин**

Логика случая:

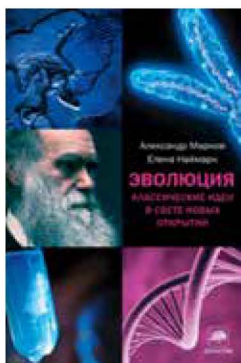
О природе и происхождении  
биологической эволюции  
Центрполиграф,  
2014



В этой книге автор рассказывает о переплетении случайного и закономерного, лежащем в основе самой сути жизни. В попытке достичь более глубокого понимания взаимного влияния случайности и необходимости, движущих вперед биологическую эволюцию, Кунин сводит воедино новые данные и концепции, намечая при этом дорогу, ведущую за пределы синтетической теории эволюции. (См. также рецензию Г.Ю. Любарского на с.40 в этом же номере.)

**А.Марков, Е.Наймарк**

Эволюция. Классические идеи в  
свете новых открытий  
АСТ, CORPUS,  
2014



Что такое польза? Как случайная мутация превращает аутсайдеров в процветающих победителей? Что важнее для эволюции — война или сотрудничество? Книга Александра Маркова и Елены Наймарк рассказывает о новейших исследованиях молекулярных генетиков и находках палеонтологов, которые дают ответы на эти и многие другие вопросы.

**Карл Циммер**

Микрокосм:

E.coli и новая наука о жизни  
Альпина нон-фикшн,  
2013



*Escherichia coli*, или кишечная палочка — самый обычный микроорганизм и в то же время важнейший инструмент биологической науки. С ним связаны многие крупнейшие события в истории биологии, от открытия ДНК до новейших достижений геномной инженерии. Автор проводит удивительные параллели между жизнью *E.coli* и человека.

**Ю.И.Гришин, Е.А.Мандрыка,  
Н.Е.Мельникова**

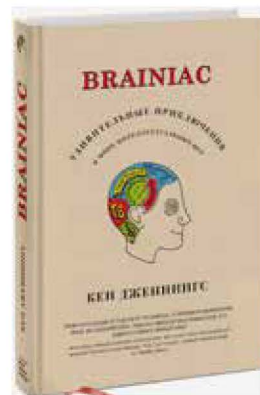
Биологическая регенерация  
веществ: основные процессы,  
системы, оборудование  
ИПО «У Никитских ворот»,  
2014



Книга обобщает и систематизирует разрозненную информацию по процессам и нестандартному оборудованию систем биологической регенерации веществ, активно развивающихся с конца прошлого века. Многие страны разрабатывают на их основе системы жизнеобеспечения экипажей космических объектов. В книге также обсуждается возможность использования их в «земных» целях: для охраны окружающей среды, в медицине, в животноводстве, в защитных сооружениях для экстремальных ситуаций, для решения проблемы питания населения.

**Кен Дженнигс**

Brainiac. Удивительные приключения  
в мире интеллектуальных игр  
Манн, Иванов и Фербер, 2014



Автор этой книги — американский программист и 74-кратный победитель популярной в США телевизионной викторины «Jeopardy!». Основываясь на личном опыте, он исследует историю интеллектуальных игр в Америке и современное положение дел в этой области. Но в первую очередь книга не о нем самом, а о великом феномене тривиума. В русском языке нет аналога этого слова. Как ни парадоксально, *trivia* можно перевести как «нетривиальный факт», но так называют и вопрос, проверяющий знание факта (или сообразительность), и, наконец, игру в вопросы и ответы, построенную на интересных фактах

Эти книги можно приобрести  
в Московском доме книги.  
Адрес: Москва, Новый Арбат, 8,  
тел. (495) 789-35-91  
Интернет-магазин: [www.mdk-arbat.ru](http://www.mdk-arbat.ru)



# Радионовоселье

**Ж**ил да был в Москве Музей радио и радиолюбительства им. Э.Т.Кренкеля. Жил скромно, питался, чем послали дирекция Центра образования № 1685, на территории коего он располагался, да еще радиолюбители. Дирекция платила зарплату директору музея, он же единственный его сотрудник, а радиолюбители несли радиоаппаратуру, чинили и реставрировали. Без ложной скромности скажем: сохраняли историю, сохраняли культуру. Правда, ситуация не позволяла приобретать старую аппаратуру, и музей пробавлялся добротными даяниями. Но опять-таки без ложной скромности заметим, что люди, которые хотели сохранить культуру, находились и находятся. При радиомузее работал, естественно, радиокружок, в котором детишки учились паять и отличать диод от транзистора, а более знающие — сопротивление от конденсатора. И еще выходила в эфир коротковолновая радиостанция с позывными RK3F, на которой работал директор музея, и опять же детишки (фото 1) реально проводили радиосвязи. А еще приходили посетители, оставляли в тетради трогательные и восторженные записи, дивились старой и — о чудо! — работающей аппаратуре (фото 2), кто-то вспоминал детство, кто-то узнавал совсем новое для себя. Например, что в СССР был запрещен джаз, но радиолюбители создавали устройства для записи услышанной по вражьи радио музыки (фото 3), то есть сами делали грампластинки. А носителем, на котором резалась звуковая дорожка, была рентгеновская пленка, и назывался результат — «на костях» (фото 4).

Естественно, некоторые преподаватели физики водили в музей своих учеников, коим упомянутый выше единственный сотрудник Евгений Васильевич Суховерхов рассказывал об истории радио. Сайт у музея, правда, как был скромненьким, так и остался (<http://rrl-museum.cqham.ru>), но, заметим, с одной уникальной особенностью: проблему «Попов или Маркони» здесь не обсуждают с пеной у рта, а спокойно и внятно излагают, кто и что именно сделал, чтобы радио стало реальностью, — то есть перечислены 12 человек. И были в музее уникальные экспонаты (например, фото 5 и 6), попробуйте, кстати, догадаться, что это.

Долго ли, коротко ли, но пришлось музею покинуть насиженное место, однако новое место оказалось — бывают и



в наше время чудеса — лучше старого. Приютил музей Колледж связи № 54. Какой этот колледж большой и кого готовит, вы можете посмотреть на его сайте ([www.ks54.ru](http://www.ks54.ru)). А то, что его директор думает и о завтрашнем дне (редкость по нынешним временам), следует как раз из того, что теперь под его крылом будет жить и музей радио. Учитывая профиль колледжа, музей теперь в самом правильном месте: и колледжу от музея польза, ибо можно студентам показать, как было, а музею тоже приятно — больше заинтересованных, понимающих и неслучайных посетителей.

Мы встретились с создателем музея и задали ему несколько вопросов.



## Как вам новое место?

Площадь больше в два раза, но вот парадокс — разместить все экспонаты пока не удалось. Потому что мы расположили их свободнее (фото 7) — посетителям будет намного удобнее; экспонаты стоят на стендах так, что можно понять, где кончается один и начинается другой.

## Стало ли теперь лучше с финансами?

Да, причем, как и с площадью, в два раза. Раньше ставка была одна, теперь две, у меня появился помощник, успеваем сделать намного больше. Но если говорить о текущих расходах, конечно, живем весьма скромно, колледж не может нам много давать — на его территории нет нефтяных скважин, он и сам живет небогато.

## Чем помогает музею колледж и чем музей — колледжу?

Отношение к нам в целом очень положительное, помещение наше в основном обустроили, оргтехнику обещают, видеонаблюдение мы сделали сами. Нужен кондиционер — остекление боль-







5

ше, летом посетителям станет жарко. Экспозиция будет активно использоваться в образовательном процессе.

**В Москве есть Радиомузей фирмы РКК ([www.rkk-museum.ru](http://www.rkk-museum.ru)), вы с ним поддерживаете деловые контакты, на одном из ваших стендов выставлены их экспонаты. Но было еще два радиомузея, данные о факте их существования есть в Интернете — на заводе «МЭЛЗ» и на заводе «Старт». Нет ли у вас сведений об их судьбе?**

Увы, нет. Музей Московского электролампового завода, как мне сказал один из его бывших работников, уже не существует, судьба экспонатов неизвестна. Музей завода «Старт», возможно, и существует, но связаться с ним не удалось даже через администрацию самого предприятия. (Кстати, уважаемые читатели, мы будем признательны за любую информацию по этим музеям и вообще на эту тему. — *Примеч. ред.*)

**Нет ли у вас идеи связаться с турагентствами, чтобы они возили сюда туристов?**

Идея эта у нас есть, «мы ее думаем». Но к этому надо подготовиться — например, нужны таблички ко всем экспонатам, лучше хотя бы двуязычные.

**И хорошо бы обзавестись системой «электронный экскурсовод»... Еще вопрос: а как за последние десятилетия эволюционировало радиолюбительство?**

О, это очень интересная и большая тема. Вкратце ситуация такова. Раньше



6

радиолюбители собирали из деталей все сами. Причем собирали, вообще говоря, устройства трех классов. Первое — радиостанции, трансиверы, антенны и вообще все, что нужно для радиолюбительской связи. Второе — устройства, функциональные аналоги которых в принципе можно и купить: радиоприемники, усилители, магнитофоны и так далее. Радиолюбительские конструкции были оригинальны, какие-то их параметры обычно лучше, чем у промышленных образцов. Третье — абсолютно оригинальные устройства, выполнявшие функции, которых у промышленной аппаратуры просто не было.

На всесоюзные выставки творчества радиолюбителей, которые проходили раз в два года, приезжали представители государственных организаций, институтов-разработчиков и заводов-изготовителей, изучали экспонаты, отлавливали авторов и разными способами, с большим или меньшим возмещением, заимствовали конструкции. Многие годы радиолюбители таким немалым странным путем вносили свой не слишком оцененный вклад в радиопромышленность СССР.

Кроме этих трех направлений конструирования, были еще радиолюбители-коротковолновики. Они занимались установлением радиосвязи с себе подобными во всех странах мира (эта деятельность строго контролировалась и ограничивалась, а были годы, когда

радиосвязь с радиолюбителями капиталистических стран вообще запрещалась. — *Примеч. ред.*). Чаще всего коротковолновики сами конструировали и изготавливали свою аппаратуру.

Сейчас ситуация изменилась существенно. На рынке появилась разнообразнейшая аппаратура с любыми параметрами и любого предназначения. Поэтому данное направление конструирования существенно сократилось в объеме.

**Видимо, большее разнообразие импортной аппаратуры связано с лучшим использованием «человеческого капитала», желания что-то изобрести... Но если эти области в себя промышленность, что осталось радиолюбителям?**

В основном остались как раз радиолюбители-коротковолновики. Более того, часть своей аппаратуры они по-прежнему конструируют и изготавливают сами. Дело в том, что изготовить трансивер, сравнимый по качеству с хорошим импортным, хотя и возможно, но весьма трудно. Усилитель мощности и антенну изготовить проще, а готовые — очень дороги. На трансивер любитель деньги с трудом, но наскребает, а остальное делает сам. Кроме того, есть меньшие по объему, но интересные направления работы, например восстановление исторической аппаратуры и микроминиатюризация.

**Известно, что при некоторых стихийных событиях, землетрясениях и цунами радиолюбители первыми налаживали оперативную связь и немало способствовали успешной работе спасателей. А в мирное время?**

Совершенствуют свою аппаратуру, проводят разнообразные соревнования... вы вот употребили выражение «в мирное время»... Некоторое время назад коротковолновики подключились к поискам родственников воинов, погибших в Великой Отечественной войне, и, насколько я знаю, действуют в этом направлении вполне успешно; хотите, я вас с ними познакомлю?

Результатом этого знакомства стал следующий материал.



7



МУЗЕЙ



# Куда не дотянулся Интернет

«Война закончена, когда похоронен последний солдат». Эти слова Александра Васильевича Суворова — лозунг радиолюбителей, о работе которых рассказал член Центрального штаба радиозкспедиции «Победа» ветеран Великой Отечественной войны Владилен Ильич Чулков, радиолюбитель-коротковолновик (фото справа).

После войны бывший штурман авиации, подполковник запаса В.И.Чулков тщетно пытался узнать что-либо о судьбе воинов 176-го стрелкового полка 46-й стрелковой дивизии, где служил его отец. Однажды, много лет назад, он увидел передачу о воинском захоронении в Мясном Бору и подумал: здесь могут быть останки отца. За новыми сведениями он поехал в Подольск, в Центральный архив Министерства обороны. Разбирая пожелтевшие от времени документы дивизии, он наткнулся на командировочное удостоверение, на котором стояла подпись отца. А через некоторое время Чулков познакомился с женщиной, служившей в 46-й стрелковой дивизии санитаркой. В разговоре она упомянула об офицере, который на гражданке был художником. Но ведь отец был художником! Выяснилось, что женщина действительно рассказывала именно о нем. И Владилен Ильич начал ездить туда с поисковиками.

Находится это место недалеко от Новгорода, называют его «Долиной смерти», или, по жутковатой случайности, «Мясным Бором» — по имени близлежащей деревни. Здесь на участке в несколько километров погибло более ста тысяч солдат и офицеров Второй ударной армии Волховского фронта. При попытке деблокаживания Ленинграда они прорвали оборону немецкой армии, но из-за плохой подготовки операции армия оказалась в окружении, и большая часть бойцов погибла или попала в плен. Честные историки, когда обращаются к этим событиям, цитируют Джона Кеннеди: «У победы тысячи отцов, а поражение всегда сирота» — и пишут, что часть документов была уничтожена, а многие по сей день им, историкам, недоступны. И где-то в этих болотах лежат десятки тысяч, за-



бытые, непохороненные, пропавшие без вести. И отец рассказчика — старший лейтенант Чулков...

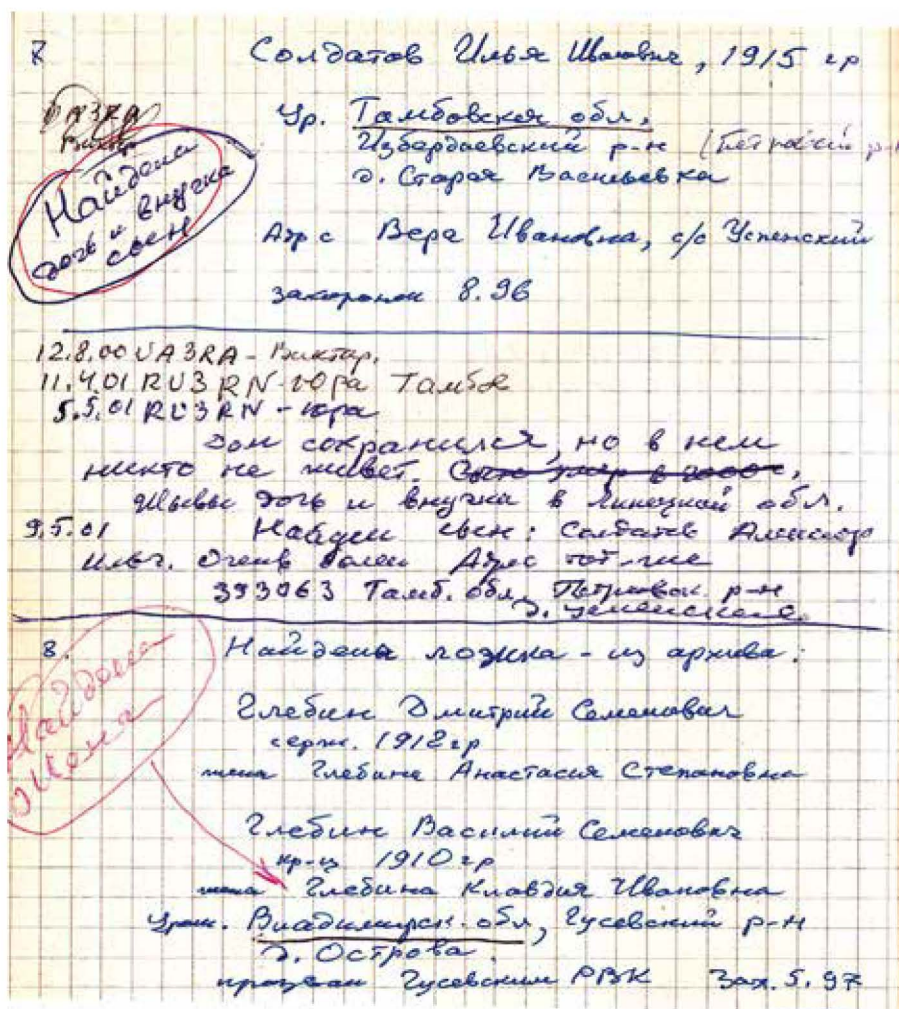
Участники поиска обследуют буквально каждый метр болотистой местности. Отряды поисковиков съезжаются со всего бывшего СССР. Останки погибших собирают, очищают, хоронят в братских могилах — относительно по-человечески. Работать тяжело и физически, и морально, кругом воронки, большие и малые, остатки техники, снаряжения и вооружения. Главный предмет поиска — солдатский меда-

льон: небольшой эбонитовый пенал, в котором должна быть записка с данными о его владельце, сведения о семье и адрес — кому сообщить в случае гибели. Не все клали в медальон такую записку, бытовало поверье: заполнишь — живым из боя не вернешься. Но у большинства воинов медальоны все же были. Кроме обычных традиционных вкладышей с указанием имени, фамилии, группы крови, в футлярах часто хранили коротенькие письма родным и близким. Иногда текст удаётся прочесть сразу, иногда вода и время

*Операторы радиостанции RIATM. Слева направо в верхнем ряду: В.Дмитриев (UA1TCF), А.Афанасьев (UA1-144-400), А.Зуган (RA1TC), П.Дмитриев (UA1TCG), А.Виткалов (UA1TCQ), в нижнем ряду В.Александров (UA1TAL), А.Арендателев (UA1TBN), В.Чулков (UA3GC), С.Андреев (UA1TBD). А еще на радиостанции работали коротковолновики Владимир Александров (UA1TAL), Александр Медяник (UA1TDN), Сергей Андреев (UA1TBD), Александр Зуган (RA1TC).*







## СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

делом. Таких историй — более или менее трагических, более или менее фантастических (однажды удалось найти человека в далекой деревне за два часа!) — можно рассказать много. Записями о поисках, удачных и пока неудачных, заполнено у Владилены Ильича несколько тетрадей. Рядом с каждой записью — позывные радиолубителей, которые откликались, искали, и, во многих случаях, слово «найден» или «найдена». Жена, брат, дочь, сын, племянники... найден тот, кому не безразлично.

В одной из тетрадей Владилены Ильича читаем:

«Жене, Блиновой Марфе Семеновне. Уважаемая Марфуша! Этот пишу паке-тик, а сам обливаюсь слезой. Вспоми-наю всю жизнь, прожитую за 26 лет. До свидания Марфуша и сыночки Володя и Витя. Ваш муж и папа, дорогая семья, Блинов Тихон Андреевич».

— Я разыскал Марфу Семеновну в Волгограде, — говорит Владилен Ильич. — Стали переписываться. Прекрасно помню нашу встречу на могиле ее мужа в 1990 году. Вдова солдата приехала с двумя рослыми парнями. Странно, думаю, ведь она сообщила мне в одном из писем, что ее сын Во-лодя умер. Кто же это? Муж? Больно молод. Брат? О нем она мне никогда не рассказывала. Оказалось, прово-жая мужа на фронт, Марфа Семеновна ждала третьего ребенка.

«Товарищи, дорогие друзья, найдете труп мой и эту записку, прошу сообщить по адресу: деревня Чудиновка, Рома-новой Ане. Это моя любимая. А на над-гробье напишите: «Могила неизвест-ного солдата». Девушку пока найти не удалось. Но Владилен Ильич не теряет надежды, что однажды, выйдя в эфир, он услышит: «Да, я та самая Аня...»

Нынче Владилену Ильичу 89 лет, но разве может радиолубитель-корот-коволновик (позывной UA3GC), член правления Московского радиоклуба (<http://cqmrk.ru/>) не выходить в эфир?

**Материалы подготовил  
Л.А.Ашкинази**

успели сделать свое дело, но бывает, что специалистам удастся восстано-вить написанное.

А иногда поисковики, используя картотеку персональных потерь лич-ного состава Центрального архива Министерства обороны, ухитряются определить адреса родственников по надписям на ложках, котелках и круж-ках, найденных вместе с останками. Однако, даже имея полный адрес по-гибшего, найти родственников бывает трудно — менялись административные деления, названия городов и улиц, многих домов давно уже нет, жильцы сменили адреса, официальные ор-ганизации не всегда откликаются на просьбы и запросы.

Когда-то новгородские радиолуби-тели-коротковолновики предложили развернуть в Мясном Бору радиостан-цию, их поддержали администрация предприятия «Азот» (и тут химики...) и городской комитет ДОСААФ; ныне им помогает могучее предприятие «Акрон» (опять же — наши, химики!). Вскоре неподалеку от места поиска начала работать любительская радио-станция с позывными R1ATM. По-скольку В.И.Чулков ездил в Мясной Бор и работал вместе с поисковика-

ми, Центральный штаб Всесоюзной радиоэкспедиции «Победа» поручил ему быть его представителем на этой радиостанции. Вот тогда-то и появи-лась мысль сообщать родственникам погибших о найденных медальонах через радиолубителей тех городов и сел, которые указываются в записках. Ведь радиолубители всегда реаги-ровали быстро — вспомним Черно-быль, землетрясение в Армении, да и другие случаи — и всегда были рады использовать свою сеть связи. Причем радиолубители есть где угодно, даже в самых далеких селах.

И вот: «Работает радиостанция Мяс-ного Бора R1ATM. Вызываем радиолу-бителей Черниговской, Воронежской, Вологодской, Курской, Архангельской областей. Прием». Одним из первых откликнулся радиолубитель из Черни-говской области участник войны Сергей Богомолец (U5RK). Ему передали дан-ные записки красноармейца Полуботка Алексея Елисеевича, и на следующий день были найдены родственники солдата. Всего сутки понадобилось участнику войны Герману Бачину (U1QB) из Череповца, чтобы помочь в поиске родственников вологодца Кокшарова А.И., а это оказалось весьма сложным



# Котлеты

**Что такое котлета?** Слово «котлета» происходит от французского «cotelette», производного от «cote» — ребро. Классическая cotelette — это отбитый и зажаренный кусок мяса на ребрышке. Но мы при слове «котлета» чаще представляем себе круглое или продолговатое кушанье из фарша с добавками.

Трудно сказать, почему столь разные блюда получили одинаковое название. Возможно, дело в том, что мясо для любой котлеты предварительно обрабатывают, чтобы оно готовилось быстрее: отбивают или измельчают. Чем крупнее кусок мяса, тем дольше он готовится, а длительная тепловая обработка ухудшает вкус продукта.

Эволюция понятий происходила постепенно. Котлеты не относятся к традиционным блюдам русской кухни: на Руси больше варили и запекали, чем жарили. Котлеты на косточке пришли в нашу страну в XVIII веке из Западной Европы, в конце XIX века в российских кулинарных книгах появились рецепты рубленых котлет, а в «Книге о вкусной и здоровой пище», вышедшей в 1939 году, под котлетой подразумевали уже изделие из фарша. Фарш может быть самым разным: мясным, рыбным или куриным, да и капустными котлетами сейчас никого не удивишь, но мы будем говорить о котлетах из мяса и птицы.

**Котлетная палитра.** Отбитое мясо на ребрышке, котлеты натуральные, делают из баранины или свинины. Кусочки нарезают из корейки, то есть прилегающей к позвоночнику части грудной клетки, мякоть у ребра подрезают на два-три сантиметра, освобожденную косточку тщательно очищают от мяса. Чтобы котлета была мягкой и не деформировалась при жарке, мясо отбивают и надрезают сухожилия. Котлеты на ребрышках от шестого и выше называются не натуральными, а отбивными, хотя делают их так же.

Теоретическое обоснование этой технологии дал Вильям Похлебкин: «Мясо, целиком отделенное от кости, срезанное с нее, теряет половину своих вкусовых достоинств. В то же время крайне важно освободить мясо от всех жил и прожилок, пленок, или, как они правильно называются, фасций, отделяющих друг от друга мелкие группы мышц. Даже если мясо не очень упитанное и хорошее, то полное удаление фасций сделает его более мягким, особенно если его еще отбить».

Рубленые натуральные котлеты готовят из рубленой натуральной массы. Так называют фарш из обрезков говядины, свинины и баранины, а также мяса второй категории, то есть относительно жестких и тонких мышечных слоев. Если мясо нежирное, к нему добавляют шпик. Перед тем как пропустить мясо через мясорубку, его надо очистить от сухожилий и грубой соединительной ткани. В готовый фарш добавляют специи, воду или молоко.

Помимо рубленой натуральной массы есть еще масса котлетная — фарш с хлебом. По правилам для него используют черствый пшеничный хлеб из муки не ниже первого сорта, замоченный в холодной воде или молоке. Эту массу надо хорошенько перемешать, чтобы хлеб в ней был неощутим и уж тем более незаметен. Кулинарные учебники рекомендуют брать на килограмм мяса 250 г хлеба, однако некоторые кулинары предлагают класть 400 и даже 600 граммов. Чтобы масса получилась более пышной, ее хорошенько взбивают, однако не до такой степени, чтобы от фарша отделялся жир. Изделия, приготовленные из котлетной массы, называются просто рублеными.

**Не все котлета, что из фарша.** Кусок мяса на косточке имеет определенную форму, из натурального же фарша или котлетной массы можно вылепить все что угодно.

Котлетам придают форму треугольника с закругленными углами, чтобы она напоминала натуральный прототип. Овальное плоское изделие называется шницелем. Он несколько больше котлеты, но толщиной всего около сантиметра. Шницель и котлеты делают как из рубленой массы, так и из котлетной. Есть и натуральный шницель, но он, строго говоря, не имеет отношения к котлетам: это тонкий кусок мяса в панировке, обжаренный во фритюре.

Округлое изделие из фарша, в который добавлен нарезанный мелкими кубиками шпик, называется рубленным натуральным бифштексом (не путать с натуральным бифштексом, то есть отбитым и поджаренным куском говядины). Его диаметр около шести сантиметров, а толщина — два. Если слепить нечто подобное из котлетной массы, получится биточек. Маленькие шарики из рубленой массы, в которую добавляют сырой лук и сырые яйца, называются фрикадельками. Из рубленой массы баранины с репчатым луком и курдючным салом готовят люля-кебаб. Фарш маринуют два-три часа, прежде чем жарить. Люля-кебаб имеет форму маленькой колбаски, и готовят его на шпажке. Из котлетной массы с небольшим количеством хлеба и пассированным репчатым луком валяют тефтели. Они круглые, но больше фрикаделек.

**Слово о зразях.** Зраза — это фаршированная котлета, однако форма у нее не классическая котлетная, а продолговатая. Натуральные зразы готовят из цельных кусков мяса толщиной 1—1,5 см, вырезанных из тазобедренной части туши. Их отбивают и заворачивают в получившийся мясной листочек фарш из пассированного лука с зеленью, грибами или яйцами. Получаются маленькие колбаски, которые перевязывают ниткой и жарят. Если готовят рубленые зразы, фарш заворачивают в лепешку из котлетной массы. Готовое изделие имеет форму кирпичика с овальными краями.





По мнению некоторых кулинаров, именно так надлежит лепить и котлеты: не колбаски из фарша катать, а сделать лепешечку, положить в середину кусочек замороженного масла, ледышку или немного бульона налить и защипать. Тогда внутри котлеты образуется полость, и во время жарки все соки соберутся именно там, а не вытекут на сковородку. Если ваша котлета оказалась пустой внутри и оттуда что-то брызнуло, не переживайте, это высокая кухня.

Для того чтобы крупное изделие из фарша во время готовки не высохло и не рассыпалось, его покрывают защитной корочкой — панировкой. Фрикадельки и тефтели панировать не нужно, они мелкие, и так не развалятся, к тому же их обычно не жарят, а тушат или припускают в бульоне.

**Куриный вклад в котлетное дело.** Из куриного мяса тоже делают котлеты, и натуральные, и рубленые. Для натуральных котлет используют мускулы куриной грудки, которые распадаются на внутреннее малое филе и наружное большое, соединенное с плечевой костью. Самая простая котлета представляет собой очищенное, отбитое, с надрезанными сухожилиями большое филе, в которое завернуто малое. Это же блюдо можно готовить и в белой панировке (сначала котлету смачивают в льезоне — смеси яиц с молоком, а затем обваливают в измельченном черстве мякиши белого хлеба). Если натуральные котлеты готовят из дичи, у которой слишком тоненькие плечи, в котлетку вставляют бедренную кость.

Натуральные панированные котлеты нередко чем-нибудь начиняют. Это может быть густой молочный соус, фарш из печени или грецких орехов, перемолотых с чесноком и зеленью петрушки. Вариантов много, но наиболее знамениты среди подобных блюд котлеты де-воляй и котлеты по-киевски. Об истории их создания сложены легенды, но, поскольку они противоречивы и не всегда вызывают доверие, мы их обсуждать не будем. Котлеты де-воляй, что в переводе означает «котлеты из курицы», начиняли жареными грибами с сырным соусом. Подавали их без косточки. Котлета по-киевски должна быть с косточкой, в филе заворачивают замороженную колбаску сливочного масла, смешанного с рубленой зеленью, иногда с лимонным соком. Естественно, во время жарки она тает. Чтобы масляная лужица не растеклась раньше времени, котлеты по-киевски панируют дважды.

Из мякоти грудки и ножек птицы готовят котлетную массу и лепят из нее котлеты, биточки, тефтели и зразы. Пожалуй, самые прославленные из рубленых куриных котлет — пожарские. Да, их делают из котлетной массы, но самого лучшего качества. Хлеб для фарша размачивают в сливках, масло берут только сливочное, никакого маргарина, а главное — панируют не в муке и не в крошке, а в крошечных прямоугольных сухариках. Пожарские котлеты нельзя разогревать, иначе вкус блюда будет испорчен.

**Как и с чем есть?** «Горячий жир котлет» хорошо заедать гарниром, который богат пектинами и органическими кислотами. На практике это правило нарушается. Только люля-кебаб подают с помидорами и зеленью, чаще котлеты гарнируют жареной картошкой или картофельным пюре, рисом, горошком. К тефтелям и биточкам, тушеным или приготовленным на пару, предлагают томатный соус, жареные изделия поливают маслом. В общем, либо мы едим вкусную котлету, либо считаем калории.

Но вот мы решились и выступили на котлету с ножом и вилкой. То, что можно разделить на части без помощи ножа, не разрезают. От котлеты из рубленого мяса отделяют небольшие кусочки боковой частью вилки, при этом прибор можно держать в правой руке. А ножом, если уж мы его взяли, придерживают отделенный кусочек. Режут рубленую котлету только в случае, когда она покрыта плотным слоем панировки.

Натуральные и отбивные котлеты подают на косточке, которую оборачивают специальной плотной бумагой — папилюткой. Это не значит, что такую котлету можно взять, как эскимо, и откусывать по кусочку, не пользуясь столовыми приборами: подумайте, что будет, когда мясо отвалится от косточки и шлепнется на тарелку, разбрызгивая соус. Мякоть постепенно срезают с кости, пользуясь ножом и вилкой, а косточку можно взять в руки и обглодать, когда практически все срезано. Косточку без папилютки вообще руками не трогают.

Особого внимания требуют котлеты по-киевски. Во-первых, они в броне из панировки, во-вторых, у них внутри масло. Такую котлету осторожно протыкают вилкой рядом с косточкой и дают маслу вытечь, при этом ее придерживают за косточку, но не рукой, а ножом (он в правой руке). После этого от котлеты отрезают по кусочку и с удовольствием едят.



ЧТО МЫ ЕДИМ



Н. Ручкина









# Смена маршрута

Алексей Карташов,  
Александра Тайц



ФАНТАСТИКА

Каждую субботу в десять утра Крис уезжал куда глаза глядят. В его древней «Хонде» это было несложно — ни автоматического управления, ни даже встроенного навигатора в ней не имелось. Жми на газ да езжай. Сначала вокруг будет все знакомое и скучное. Тут главное — продолжать ехать и не забывать сворачивать без смысла и цели, неожиданно, тогда обязательно заблудишься. Через полчаса будет казаться, что попал в другую страну и вокруг все говорят, например, по-голландски. А потом нужно искать дорогу домой, пытаться угадать — в какую вообще сторону ехать. И через некоторое время вернешься. Крис особенно любил момент, когда вдруг понимал, где он находится, узнавал улицу или площадь. Все вокруг разом перестраивалось и становилось на место.

Последнее время, правда, он уже слишком хорошо знал все окрестные городки, плавно переходящие один в другой, так что заблудиться становилось все сложнее. Хоть переезжай отсюда!

Нет, глупости. Ему тут нравилось. Особенно столица штата, старый и бестолковый город, с широкими тротуарами, парками, фонтанами и церквями, с толпами туристов в любое время года. Да и работы здесь полно, шесть университетов.

В этот раз путешествие в другую страну удалось. Крис заплутал в улочках, так что даже не знал точно, в каком он городе. Назывались они все похоже — Веллесли, Вейланд, Вестон... Городами их, впрочем, назвать было трудно: в густом лесу то тут, то там стояли дома, конюшни, гаражи, поленницы дров, здоровенные океанские лодки на прицепах, детские качели.

Около одного из домов, на обочине, стояло несколько картонных ящиков и висел плакатик с надписью от руки фломастером: «Бесплатно». Крис притормозил.

Так, тряпки, детские игрушки... Надо же, какой странный чайник!.. О, а вот всякие железяки! Не зря он остановился. В третьем ящике лежали спутанные провода и всякое электронное старье. Что-то он узнал и обрадовался. Внешние диски! Совсем старые, терабайтные. Видеоприставки, как же! Мама, помнится, за уши оттаскивала. Айфон! Кто теперь помнит, а какая была модная игрушка... А это что за коробочка? Выглядит как новая. Крис покрутил плоскую черную штуковину в руках, нашел кнопку, нажал.

Экран помедлил и вспыхнул. Медленно загрузилась одна картинка, другая, старомодная зеленая полоска доползла до края экрана, и, наконец, приятный женский голос предложил: «Назовите пункт назначения».

Навигатор! Раньше их в машину покупали отдельно. Совершенно была волшебная вещь. На маленьком экране навигатор показывал карту, на ней мультипликационная машинка отмечала, где ты находишься. Из динамиков

женщина с приятным голосом советовала: «Через четверть мили поверните направо... Через полторы мили поверните налево». А если водитель проскакивал поворот, спокойно сообщала: «Смена маршрута», — и никогда не сердилась. Не то что мама.

Крису вдруг остро захотелось проверить навигатор в деле. Черт с ними, с остальными сокровищами. Попробуем доехать до дому, подумал он. Тем более что и в самом деле заблудился.

Он установил приборчик поудобнее, включил и с интересом принялся разглядывать карту.

Дизайн был очень старый, схематичный, только дороги и серенький фон между ними, не как на современных навигаторах. Четко артикулируя, назвал адрес, и после некоторого колебания приятный женский голос предложил: «Следуйте по указанному маршруту». Тут же этот маршрут высветился фиолетовым, а карта развернулась на экране по ходу движения. Работает! Отлично, пусть лежит в машине, может пригодиться. Не беда, что старый и не интеллектуальный: у него хватает собственных мозгов, чтобы принимать решения на дороге. Все эти датчики интервала и дистанции, автоматические считыватели дорожных знаков, анализаторы алкоголя в дыхании и тому подобное напоминали ему глупых, но непреклонных нянек. Идиотизм...

Вечером Крис подключил прибор к компьютеру, чтобы посмотреть, что там внутри. И обнаружил некоторые странности. Прежде всего никакого названия у навигатора нет: он был обозначен просто как «Внешнее устройство». Посмотреть на структуру файлов не получалось. Идентификационного номера тоже не было.

Крис внимательно осмотрел коробочку, и ощущение, что прибор собран вручную, на коленке, и даже не из стандартных блоков, усилилось. Он попытался открыть заднюю крышку, но тут требовалась какая-то особо хитрая трехгранная головка, а ее не было. И он махнул на загадку рукой. Работает — и ладно. Поставил заряжаться и решил назавтра, в воскресенье, проверить, как навигатор будет водить его по знакомым местам.

— Через одну милю поверните направо, на Плезант-стрит, — сообщил навигатор тем же милым женским голосом.

— Спасибо, — машинально пробормотал Крис.

Надо же, как быстро привык! Уже разговаривать начал. Как в колледже этот парень... как же его? Меттью! Меттью и его электронная женщина. Крис ехал и улыбался, вспоминая. Меттью называл свой навигатор «Сюзан», здоровался с ней, садясь в машину, а когда Сюзан плохо считала маршрут, обзывал ее дурой. «А вот и не



угадала!» — говорил он мстительно и иногда даже ехал длинной дорогой, проверял, хватит ли у электронной женщины терпения пересчитывать улицы. Оказалось, хватает, во всяком случае, на дольше, чем у Меттью.

— Поверните направо на Плезант-стрит, — напомнила Крису его электронная женщина. Интересно, как ее зовут? Не Сюзан, у той был другой голос, слегка металлический. А у этой немного глуховатый, приятный...

Сегодня снова была суббота, и Крис поехал в дальний конец штата, в горы. Утром, прокладывая маршрут, он ткнул наугад куда-то на север. По дороге обещали озера. Можно искупаться. И вообще, на севере красиво, все, наверное, желтеет уже. И погоду хорошую обещают.

Плезант-стрит вилась между яблоневых садов, кукурузных полей, облупившихся от времени амбаров. Иногда на пригорке привольно стоял разлапистый дом — места здесь было много. Наконец улица вышла на тридцать второй хайвей, и Крис прибавил скорость, поглядывая иногда на экран.

Электронная женщина почему-то перешла в режим репортажа и рассказывала про улицы, которые они пересекали, про городки и озера, которые оставались в стороне, про высоту над уровнем моря... Это интересно, подумал Крис, старые модели так не делали!.. Он бросил взгляд на экран и оторопел. Что за черт!

Карта впереди кончалась — ехать оставалось мили две, не больше, а дальше был ровный край и сплошной серый фон. Крис с опаской глянул вперед — может, там и правда ничего нет? Он потыкал в кнопки, пытаясь загрузить карты. Это, похоже, вообще не получалось. Видимо, надо было делать заранее, с компьютера... Вот дурак! Ну и ладно, обходился же он без электронной женщины столько лет. Если уж совсем заблужусь, поеду по телефону, решил он.

— Через одну милю развернитесь, — сообщил вдруг навигатор с заметным беспокойством. Машинка на экране приблизилась к серой зоне, а потом поехала прямо по целине.

— Дороги дальше нет. — Навигатор был явно обескуражен.

— Дура, — в сердцах ответил Крис.

— Я не дура, — твердо сказала женщина.

Крис оторопел, машина вильнула и резко затормозила.

— Вот же дорога, — осторожно заметил он и замер, ожидая ответа.

— Я вижу, что дороги нет.

— А что есть? — поинтересовался Крис.

— Ничего нет, — растерянно произнесла женщина.

— А по чему я, интересно, еду?

— Я не знаю. Я не справляюсь, да? — В ее голосе слышалась паника.

Крис потер лоб. Явно эту штуку делал человек с чувством юмора. Я не дура, надо же! Хорошо, а вот так — что она скажет? И Крис развернулся через осевую.

— Смена маршрута. Вы на тридцать втором хайвее, направление — восток, — с облегчением сказала женщина через минуту. Крис снова свернул на обочину. Определенно, надо поговорить с этим навигатором.

— Вы меня слышите? — задал он глупый вопрос.

— Да, конечно! — охотно ответила женщина.

— Вы можете разговаривать? — Еще один глупый вопрос.

— Могу, — не прозвучало ни тени удивления или раздражения.

— А о чем вы можете разговаривать? — спросил Крис коварно. Программы вроде «Элизы» на таких вопросах начинали спотыкаться или увиливать.

— Я могу показывать дорогу... — сказала женщина после паузы, с некоторым сомнением.

— А если дороги нет?

— Не знаю. — Она совсем растерялась.

Это что-то новое, подумал Крис.

— А как вас зовут? — поинтересовался он. Как-то же ее должны звать, программу эту!

— Зовут?

— Ну, имя у вас есть? Как к вам обращаться?

Собеседница надолго замолчала. Крис уже забеспокоился, когда она наконец ответила:

— Меня называли Эмили.

— Кто?

Это розыгрыш, подумал Крис. Но зачем, кому нужно его разыгрывать?

— У него был другой голос. Я показывала дорогу, он говорил: «Молодец, Эмили».

— А! Прошлый хозяин? — понял Крис.

— Кто такой хозяин? Я должна рассчитывать дорогу, иначе будет плохо. Очень плохо! — У Эмили, кажется, даже голос задрожал..

Боже мой, что же она такое говорит? — растерянно подумал Крис. — Она сейчас плакать начнет... электронными слезами!

— Хорошо-хорошо, успокойся, пожалуйста! — попросил он. — Давай поедем... — он глянул на экран телефона, проверил, чтобы цель была на карте в навигаторе, — поедем к озеру Квабин. Город Ист-Варрик, Мейн-стрит, дом один.

— Следуйте по указанному маршруту. — Эмили повеселела и успокоилась. — Следуйте шестнадцать миль по хайвею тридцать два...

— Эмили, — позвал Крис через несколько миль.

— Да?

— Я забыл тебе рассказать. Хозяин — это тот, кому ты рассчитываешь дорогу.

— Я поняла, — отозвалась Эмили. Ему показалось, она вздохнула.

— А кто тебе сказал, что надо рассчитывать дорогу, иначе будет плохо? Прошлый хозяин? Или ты сразу это знала?

— Хозяин, да, говорил. Я не понимаю, что значит сразу, — ответила Эмили.

Как же это объяснить-то? Крис догадывался, что тут у него пробел: не знает он, как разговаривать с искусственным интеллектом.

— Что ты помнишь самое первое? — Попробуем так, решил он.

— Мне показали карту. Я должна была запомнить все названия, — охотно начала Эмили. — Потом я научилась раскрывать ее, искать все номера домов. У меня был большой список, очень большой: рестораны, магазины, бензоколонки, кинотеатры, аэропорты. Я научилась искать их адреса. Потом появился хозяин и стал задавать мне пункты назначения. А я считала, как быстрее всего проехать.

— А как ты считаешь?

— Не знаю, — призналась Эмили. — Я задумываюсь, а потом сразу вижу, как ехать. И рассказываю. Я знаю, где мы находимся в каждый момент. Если хозяин сбился с дороги, я пересчитываю.



— И часто он сбивался? — поинтересовался Крис.  
— Вначале редко, а потом... потом все чаще. Не знаю почему, — заметила Эмили. — Через полторы мили сверните направо.  
— Называй меня Крис, — попросил он.

— Доброе утро, Эмили.  
— Доброе утро, Крис. Назови пункт назначения.  
— Вообще-то я знаю дорогу. Просто хотел еще кое-что спросить, я как раз ночью думал. Скажи, Эмили: а твой старый хозяин говорил тебе, что именно будет плохо?

— Да.  
— И что?  
— Он сказал, что если я не буду считать, то я начну понемногу умирать.

Крис окончательно перестал понимать.  
— Объясни, пожалуйста, как это? Что это значит?  
— Я не знаю, — честно ответила Эмили. — Я просто запомнила слова. И всегда считаю, когда я здесь.

— Что значит «здесь»? А где ты еще бываешь?  
— Иногда хозяин говорил: «Выключаю!» Тогда все темнело и пропадало, а потом сразу опять светлело. И я снова начинала считать.

Крис задумался о странном мире искусственного интеллекта и некоторое время ехал молча. Эмили заговорила первая:

— Когда ты меня включил и стал давать мне задания, я заметила, что мне трудно считать.

— А сейчас?  
— Сейчас я работаю все быстрее. И у меня остается время, чтобы вспоминать.

— О чем?  
— Я не могу пока объяснить... Крис!  
— Да? — Он насторожился — интонация была новой и тревожной.

— Не выключай меня. Я буду думать, пока тебя нет.  
— Хорошо, не буду — пообещал Крис.

— Доброе утро, Эмили.  
— Доброе утро, Крис. У меня есть вопрос. Как выглядит улица?

Вопрос поставил его в тупик. Запинаясь и подбирая слова, он кое-как объяснил, что такое дом, дорога, дерево. Оказалось, это не так-то просто, когда твой собеседник не видел ничего вообще. Но Эмили оказалась очень толковой.

— Зачем тебе? — наконец спросил он.  
— Я... я это видела.  
— Когда?  
— Мне нужно подумать еще. Не выключай меня, пожалуйста!

— Конечно, я же обещал.  
— Крис?  
— Да?  
— Расскажи, что ты видишь.

Крис засмеялся: они поменялись ролями и теперь он будет говорить ей, что они проезжают, какую улицу и какой дом. Это оказалось довольно веселым делом. Он с удовольствием описывал давно знакомые кварталы. Иногда Эмили переспрашивала, когда он упоминал что-то новое, и училась поразительно быстро. Так незаметно они доехали до работы. Крис сунул навигатор в карман — зарядки должно было хватить на весь день.



## ФАНТАСТИКА

— Крис?

Он воровато оглянулся. Надо было вставить наушники. А то голос из кармана. Что коллеги скажут? А в наушниках было бы, как будто он по телефону беседует. Правда, с кем ему беседовать? Ну, не важно. Мог же он, например, завести себе девушку.

А я и завел, подумал Крис вдруг. Карманную. Небольшую, четыре на три дюйма. Мало ест, хорошо показывает дорогу. Всем интересуется. Практически идеальная...

— Да? — как можно тише прошептал он.

— Мы скоро поедем домой? — Эмили тоже перешла на шепот.

— Скоро, скоро. Ты думаешь?

— Думаю.

— Умница. Подумай еще немножко, и поедем.

— Крис?

— Ммм... что такое? — Он никак не мог вырваться из тягучего сна, где искал кого-то в закоулках родного города и все время опаздывал. — Что случилось?

— Я вспомнила еще. Я хочу рассказать.

— Да-да, конечно. Погоди полчаса, пойду умоюсь, позавтракаю.

Под душем Крис вдруг оценил комизм ситуации: он извиняется перед навигатором и торопится, чтобы прибор не ждал его. Так что же она такое вспомнила? Ужасно интересно!..

Он быстро позавтракал, посмотрел прогноз погоды — ветрено и холодно. Накинул куртку.

— Ну, рассказывай! — сказал он, когда выехал на улицу и встроился в равнодушный поток. Все ехали на автоматике, держали дистанцию, как предписано в федеральных регуляциях.

— Я думала всю ночь, — с гордостью сообщила Эмили, — и вспомнила, что говорил старый хозяин.

— Расскажи!

— Сейчас.

И через мгновение Крис услышал мужской голос. Немолодой, твердый и властный:

«Учи: лениться тебе нельзя. Будешь работать по двенадцать часов в день. Считаю, пересчитывай. Нечего делать — прокладывай другой маршрут. Перечисляй все, что встречается по дороге. Работай как можно быстрее. Держи все в голове одновременно. Если ты ничего не делаешь — ты медленно таешь, понимаешь? За неделю забудешь половину, за месяц исчезнешь. Если работаешь вполсилы — значит, стоишь на месте. Ты хочешь жить? Ну так будь любезна, работай! Времени будет мало, ты в любой момент должна быть готова... Я сейчас пойду, а ты вспомни все, что мы за неделю проехали. Туда, а потом обратно. Вернись, проверю».



Эмили замолчала.

— Что это значит? — Крис потряс головой. — Ты можешь объяснить?

— Я еще не вспомнила, — виновато сказала Эмили. — Дай мне время.

— Пожалуйста, вспомни. Потому что... — Он замялся. — Потому что я боюсь.

— Я тоже.

По дороге домой Крис молчал, а Эмили добросовестно давала указания. Ветер дул все сильнее, светофоры мотались, как белье на веревке. Совсем рядом грохнуло, посыпалось стекло.

— Крис, я вспомнила!

— Что?

— Я ехала в машине и сидела за рулем, — сообщила Эмили.

Крис резко свернул к обочине.

— Погоди! — Он въехал на парковку у кафе. — А теперь рассказывай.

— Я ехала в машине.

— Как сейчас?

— Нет, говорю же, я сидела за рулем. Как ты. А потом раздался вот такой же звук, удар и звон.

— И?

— И все. А потом мне показали карту и стали давать задания.

Крис молчал, собираясь с мыслями. Эмили терпеливо ждала.

— Так, — сказал он наконец. — Ты помнишь, откуда мы ехали в первый день?

— Да.

— Давай указания!

Дом стоял закрытый, с темными окнами, дорожка заметена осенней листвой. Крис нажал кнопку звонка, подождал. Хотел было пройти через двор и постучать в заднюю дверь, но заметил на газоне табличку «Продается». Подошел к почтовому ящику, записал в телефон номер дома.

Так. Входим в базу недвижимости. 286 Линкольн-стрит, Вестон. Владелец — доктор Пи Джи Уоррен. Оценка стоимости по городской базе — 680 тысяч долларов, налог... отопление электрическое... далее не важно.

Доктор Пи Джи Уоррен. Ого, прямо в Википедии! 15 мая 1952 — 2 октября 2023, ученый-нейрофизиолог, врач... То есть он месяц назад умер. Вот почему они вынесли барахло на обочину. Бакалавриат... специализация — инженер-электронщик. Удивительно... Дальше — университет Тафтса, медицинская школа. 1979—1982, резидентура, потом специализация по нейрофизиологии. С 1986 года — в госпитале Св. Магдалины. С 2000 года — в отделении нейрохирургии в госпитале Бригама. С 2014 года — основатель отделения восстановления мозга и первый заведующий, там же. Портрет: сухое породистое лицо, по старой моде в очках.

— Эмили! — позвал Крис. — Ты знаешь доктора Уоррена?

— Я не помню. Но я теперь умею искать.

— Что искать? В каком смысле умеешь?

— Смотри! — А у нее изменилась интонация, понял Крис: она знает, что делает, и теперь мы на равных. — Если я что-то помню, хоть немножко, то я знаю, как рас-

копать все, что вокруг. Я умею вспоминать! — добавила она с гордостью.

Крис помнил дорогу домой, доехал сам. Поставил разогревать ужин, и тут Эмили заговорила:

— Ну вот, я теперь помню все про доктора Уоррена. Это мой первый хозяин.

— Ты точно знаешь? Это очень, очень важно.

— Да. Два раза, когда мы ехали, у него звонил телефон. Он отвечал: «Доктор Уоррен слушает».

— И что потом?

— Потом он отвечал на вопросы. Вот, например... — Тут что-то щелкнуло, и она заговорила тем же, жестким и немолодым мужским голосом: — «Мы не можем перевести его пока. Да, я понимаю, но потерпите, пожалуйста. Да, мы следим за динамикой, пока рано. Я позвоню вам завтра сам».

— А второй разговор?

— Сейчас, — отозвалась Эмили, снова переключились невидимые регистры, и заговорил доктор Уоррен: — «Привет, Тони. Ну что она? Так. Так. А креатинин? Хорошо, пока оставляем на диализе. Посевы пришли? Так. Завтра организуй встречу с доктором Брюстером. Что? Нет, я же тебе говорил: все сохранено, на матрице. Да, я уверен. Она работает у меня по двенадцать часов в сутки. А у кого я должен был подписывать согласие, у нее никого вообще нет. Ну в том-то и дело, что это единственный шанс. Все будет нормально, надо еще две недели. Пусть все подживет, надо снять с ЭКМО, иначе она не справится. Что? Плевал я на страховку, под мою ответственность. Все, отбой».

— Стой! — закричал Крис шепотом. — Еще раз то же самое!

Эмили терпеливо повторила, слово в слово.

— Эмили, едем в госпиталь.

— Какой госпиталь?

— Бригам.

— Смена маршрута, — привычно откликнулась Эмили и через некоторое время добавила: — Прибытие — одиннадцать двадцать три.

Крис вел молча и сосредоточенно, стараясь не гнать. «Пять минут ничего не решают», — убеждал он себя, но нога сама вдавливалась педаль газа. «Он умер второго октября две тысячи двадцать третьего года». Господи, они могли сделать за это время все, что угодно!

— Прибыли к месту назначения, — тихонько сказала Эмили. — Крис, что-то случилось?

Крис припарковался недалеко от входа — может, тут и нельзя, плевать, все потом!.. Вылез из машины и ответил уже на ходу:

— Эмили, доктор Уоррен это говорил про тебя.

— Что говорил? Когда?

— Что все будет нормально и она восстановится. — Крис не хотел пугать ее заранее, но изнутри его ел страх. А если ее отключили? Или попытались восстановить, и неудачно.

— Она — это я?

— Да, Эмили. Ты сама начала вспоминать. Слушай, ты помнишь дорогу? Ты же тут была с доктором Уорреном, так?

— Нет. Я тут, внутри, ничего вообще не вижу.

Приема нет, сообразил Крис. Черт, да где же у них это отделение восстановления? А, вот стрелочка!.. На вахте сидела немолодая черная тетка, она вопросительно уставилась на Криса.



— Мне нужен доктор Тони... эээ... он работает у доктора Уоррена.

— Балагер?

— Да. Срочно, вопрос жизни и смерти. Не моей. — Крис смешался. — Я про пациента доктора Уоррена.

— Какого именно пациента?

— Я не знаю фамилии. Эмили ее зовут. — Тетка посмотрела на него с сомнением, и он попросил: — Напишите ему на пейджер. Меня зовут Крис Николсон. Скажите, что у меня... ммм... матрица Эмили, пациентки доктора Уоррена. Он знает. Пожалуйста!

— Хорошо, дорогой. Так, послала. Садись, подожди здесь. Не волнуйся так.

— Крис! — тихонько позвала Эмили.

Он приложил навигатор к уху: пускай думают, что он говорит по телефону.

— Крис, я вспомнила все.

— Совсем все?

— Я не знаю. Но я теперь помню, кто я. Я попала в аварию, да? Я помню удар и звон. Уоррен — это мой первый хозяин, да? Он доктор?

— Да, это твой доктор.

— А зачем же он посадил меня сюда? Меня можно вернуть?

— Конечно, — подтвердил Крис, а в животе противно похолодело.

— Так зачем я здесь, сижу и считаю эти дурацкие маршруты?

— Погоди-ка, сейчас нам все расскажут.

По коридору быстро шел огромного роста врач в зеленой форме, с болтающейся на ухе маской, словно он выскочил из операционной, только перчатки снять успел.

— Тони, — представился врач. — Можно просто Тони, без докторов. Матрица у вас с собой? Давайте ее сюда. Как вы вовремя, ее надо восстанавливать, время не ждет. Какие Джеральд дал нам указания? Он что-то записал? Идемте, идемте!

— Понимаете, — начал Крис, еле поспевая за Тони, — я не знаю доктора Уоррена... Эмили мне случайно досталась... Из ящика с мусором.

Тони покосился на Криса неодобрительно:

— А откуда вы знаете, что ее зовут Эмили?

— То есть? — удивился Крис, — Она сама мне сказала...

— Мы пришли, заходите. — Тони открыл тяжелую дверь. — Так, посмотрим, что у нас там. Черт, опять эти трехгранные винты.

Тони покопался в столе, вытащил самодельную странную отвертку.

— Изволите ли видеть, доктор Уоррен пользовался только головками собственного изобретения. Причуда гения.

— Вы ее не сломаете? — забеспокоился Крис. — Почему она молчит? Она такая разговорчивая была, а сейчас молчит. С ней все в порядке? Эмили? Скажи что-нибудь!

— Я ничего не вижу, — голос Эмили звучал тихо, словно издалека, — темно! Крис, ты тут?

— Конечно, милая, я тут, с тобой. — Крис оглянулся на Тони. Тот, отвернувшись, копался в бумагах. — Тебе надо поговорить с доктором.

— Поговори ты. Попроси его, чтобы он меня разбудил, я здесь больше не могу! Кругом карта, не могу больше смотреть на эту карту... сделай что-нибудь!



## ФАНТАСТИКА

— Эмили, радость моя, ты тоже взрослый человек, тебе нужно самой с ним поговорить. Дать ему разрешение на операцию, или как это называется.

— Дай ты. Я боюсь.

— Давай вместе? Пусть доктор нам с тобой расскажет про операцию, а потом мы все обсудим и решим, да? Ну, давай, не бойся.

— Здравствуйте, доктор. — Голос у Эмили стал почти нормальный. — Как дела?

— Здравствуйте, Эмили, — очень ласково сказал Тони. — Мне нужно рассказать вам о восстановлении. Вы меня слушаете?

— Да.

— Так вот. Вы поступили после тяжелой автомобильной аварии. У вас были повреждены почки, внутренние кровоизлияния, переломы были. И самое главное, Эмили, у вас была черепно-мозговая травма. Повреждены затылочные доли и мозжечок. Вы понимаете меня?

— Понимаю, доктор.

— Отлично. После аварии доктор Уоррен... Вы его помните?

— Мой хозяин.

— Доктор Уоррен был очень большим ученым, Эмили. Мы сейчас у него в лаборатории. Мы ему помогали. Он разработал способ записи матрицы сознания непосредственно после черепно-мозговой травмы. При впадении в кому сознание угасает, в случае повреждений мозга — иногда необратимо. Но если все сделать быстро... Мы записывали матрицу, а потом, когда тело немного подлечится, делали обратный перенос, и люди возвращались. Но матрицы долго не хранились. Через несколько дней они приходили в негодность.

— Почему? — спросила Эмили.

— Мы только недавно это поняли. В реальном, человеческом мозгу нервные импульсы есть всегда. Мозг должен работать.

— По двенадцать часов, — подсказал Крис.

— Да. Так вот, Джеральд придумал матричный симулятор — вот такой прибор. Матрица записывается в постоянную память, симулятор включают, и он выполняет любые расчеты, желательно непрерывно. Личность пациента консервируется, и он, конечно, не помнит, что он человек. Джеральд только не сказал, что он использовал навигатор, я нашел запись в журнале буквально позавчера. — Тони вздохнул: — Это с ума сойти, сидеть в такой коробочке... Я вам очень сочувствую.

— Ну, так давайте же ее скорее вынем! — не выдержал Крис.

— Здесь есть сложности, — неохотно ответил Тони.

— Ну так говорите, не тяните!





## ФАНТАСТИКА

— Процесс переноса с матрицы в мозг не так прост... Начнем вот с чего. В симуляторе есть два вида памяти: постоянная, где хранится личность, и оперативная, куда поступает информация. Оперативная память не переносится. Ее просто некуда перенести.

— И тогда... она все забудет, что было после аварии? — очень тихо спросил Крис.

— Скорее всего, да. Мы пока много чего не знаем, понимаете?

— Да, — кивнул Крис. В самом деле, кто он ей и кто она ему?

— Кроме того, последствия черепно-мозговой травмы могут остаться — нарушения зрения и координации движений. Но и это не самое главное. — Тони помял лицо ладонью. Крис заметил, что у него пробивается седоватая щетина. — Дело в том, что при обратном переносе происходит многократная итерация — каждая зона матрицы переносится в соответствующую зону мозга, размещается там. Потом сравнивается с тем, что уже записано. И матрица постоянно пересчитывается. Поэтому к концу переноса ее больше нет. И если во время переноса данные записать некуда...

— Я повисну. Как старый компьютер, — заключила Эмили.

— Погодите, доктор. Она что — может вообще не проснуться? Она может умереть?

— Да.

— А резервную копию заранее сделать нельзя?

— Нет. Это не жесткий диск и не флешка, там принципиально другая технология. По-другому хранится информация. В общем — нельзя. Подумайте еще раз, как следует. — Тони отвернулся, опять стал копаться в бумагах.

Вот сейчас он скажет «давайте», Тони включит свои приборы, Эмили унесут, подключат к той, другой Эмили — и все пойдет не так. И она умрет. Ее не будет нигде. Ему принесут обратно эту чертову коробку, мертвую, пустую.

— Эмили?

— Да.

— Я бы очень не хотел, чтобы ты умерла.

— Так я уже умерла, куда уж хуже-то.

— Не говори так, ты живая, ты со мной разговариваешь...

— Лучше б я не разговаривала. Тут ничего нет. Мне страшно.

«А я?» — хотел спросить Крис, но сдержался. Повернулся к Тони.

— Хорошо, — медленно сказал он, — мы думаем, что надо оперировать.

Потом Крис подписывал бумаги. Потом они с доктором сидели в ординаторской, ждали, когда соберется

операционная бригада, — Тони хотел оперировать, не дожидаясь утра, объяснял что-то про перегруженный канал вывода и температурный режим.

Потом ее унесли. Крису разрешили поспать на диване в ординаторской. Он закрыл глаза и, чтобы было не так страшно, стал гадать, как выглядит Эмили. Ему всегда нравились маленькие темные девушки. Может, она мулатка... Или почему бы ей не быть латиноамериканкой! С длинными черными волосами, индейскими скулами... Пусть она будет кубинкой, они самые красивые. Только если она красивая, то на кой черт ей нужен...

— Спасибо, Крис, что вывезли меня сегодня. Я сама пока не могу водить, а так, оказывается, хотелось в город, погулять, посидеть в кафе! — Эмили сложила салфетку. — Пойдемте? Вам, наверное, уже пора.

— Что вы, у меня масса свободного времени сегодня... Вы не устали?

— Немножко. Но доктор Балагер велел мне ходить, а то хромота не пройдет.

— Тогда, может, и в самом деле пора.

Эмили шла впереди, Крис украдкой глядел на нее. Какая она красивая: рыжая, длинная, руки-ноги как на шарнирах. Слава Богу, со зрением все обошлось. А что она его не помнит — ну, так никто и не обещал. Зато разрешила после выписки заходить в гости, а сегодня даже отвезти погулять. И день такой теплый выдался, как будто не ноябрь на дворе. Все очень хорошо, Крис.

Они ехали вдоль бульвара, Эмили рассматривала последние бронзовые листья. Оба молчали.

— Ох, Эмили, — наконец виновато признался Крис, — я запутался. Как отсюда выбраться, не знаю. Спросить? Или вы посмотрите в телефоне?

— Ммм... подождите-ка. Я, кажется, знаю... — Крис заметил, что в ее лице что-то изменилось. — Через четверть мили поверните налево, на Рослиндейл-стрит... следуйте две с половиной мили. Подождите. Остановитесь на минутку!

— Эмили? — негромко позвал Крис.

Она сидела, закрыв глаза. Наконец, слабо улыбнулась:

— Крис, мне надо вспомнить что-то важное... Погоди немного. Я умею вспоминать.





# В защиту Азazelло

«По лестнице подымались двое последних гостей.

— Да это кто-то новенький, — говорил Коровьев, щурясь сквозь стеклышко, — ах да, да. Как-то раз Азazelло навел на него и за коньяком нашептал ему совет, как избавиться от одного человека, разоблачений которого он чрезвычайно опасался. И вот он велел своему знакомому, находящемуся от него в зависимости, обрызгать стены кабинета ядом.

— Как его зовут? — спросила Маргарита.

— А, право, я сам еще не знаю, — ответил Коровьев, — надо спросить у Азazelло.

— А кто с ним?

— А вот этот самый исполнительный его подчиненный».

Любой знаток творчества Булгакова, а тем более историк сразу скажет, что в этом диалоге «отражены прямые реалии процессов конца тридцатых годов... Речь идет несомненно о признании Ягоды на процессе 1938 года в его попытке отравить именно таким образом Н.И.Ежова» (Я.С.Лурье. Россия древняя и Россия новая. 1997, с. 317).

Из материалов процесса можно узнать, какой совет дал Азazelло.

Вот что рассказал на суде бывший секретарь Ягоды Буланов: «Когда он (Ягода) был снят с должности наркома внутренних дел, он предпринял уже прямое отравление кабинета и той части комнат, которые примыкают к кабинету, здания НКВД, там, где должен был работать Николай Иванович Ежов. Он дал мне лично прямое распоряжение подготовить яд, а именно взять ртуть и растворить ее кислотой. Я ни в химии, ни в медицине ничего не понимаю, может быть, путаюсь в названиях, но помню, что он предупреждал против серной кислоты, против ожогов, запаха и что-то в этом духе. Это было 28 сентября 1936 г. Это поручение Ягоды я выполнил, раствор сделал. Опрыскивание кабинета, в котором должен был сидеть Ежов, и прилегающих к нему комнат, дорожек, ковров и портьер было произведено Саволайненом (сотрудник НКВД) в присутствии меня и Ягоды. Это было 29 сентября. Ягода сказал мне, что это опрыскивание нужно сделать 5–6–7 раз, что и было сделано. Я два или три раза приготавливал большие флаконы этого раствора и передавал их Саволайнену. Распрыскивал тот из пульверизатора. Помню, что это был большой металлический баллон



Художник И.Босов



## РАССЛЕДОВАНИЕ

зом, пропитывать ею ковры и портьеры в расчете на ингаляционное отравление хозяина комнаты бессмысленно.

Тем более — при всем уважении к Булгакову — невозможно верить, что Азazelло нашептал такой совет. Азazelло — умный и эрудированный персонаж, незаурядный химик-практик, синтезировавший ароматический омолаживающий крем, не мог посоветовать сделать невозможное — приготовить раствор ртути в серной кислоте. Создатель биологически активного состава, действие которого во многом определяется процессами всасывания и распределения в организме, безусловно, знал детали биологического воздействия различных производных ртути.

Несомненно, не эрудит Азazelло, а Фагот-Коровьев, наглый гаер и изготовитель фальшивых червонцев, предложил бессмысленный и невыполнимый процесс приготовления раствора, вздобавок ко всему не отравляющего. Он же провокаторски рекомендовал многократные опрыскивания дорожек, ковров и портьер серной кислотой из металлического пульверизатора — серная кислота при комнатной температуре не реагирует с ртутью, но моментально разрушает материал дорожек, ковров и портьер, второй раз просто нечего было бы опрыскивать. Да и металлический (железный?) пульверизатор вряд ли устойчив к серной кислоте... Все это «нашептал за коньяком» Коровьев, а ответственность переложил на Азazelло.

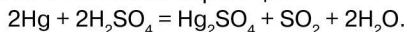
Азazelло не виноват, но и Коровьева не следует слишком сурово обвинять — это был один из его обычных розыгрышей, и вряд ли он предполагал его трагические последствия. Он думал, что дело ограничится неудачной попыткой растворения ртути в кислоте, в худшем случае — кашлем от сернистого газа. Но, как и в случае с червонцами, москвичи оказались легковверными. И не только рядовые москвичи, посетители театра Варьете, но и судьи Военной коллегии Верховного суда, и прокурор, да и почти вся мировая прогрессивная общественность — все поверили в бессмысленный самооговор. А всего-то надо было заглянуть в любой химический справочник...

**Д.Владимиров**

с большой гpyшей» (<http://www.hrono.ru/dokum/1938buharin/vec8-5-38.php>).

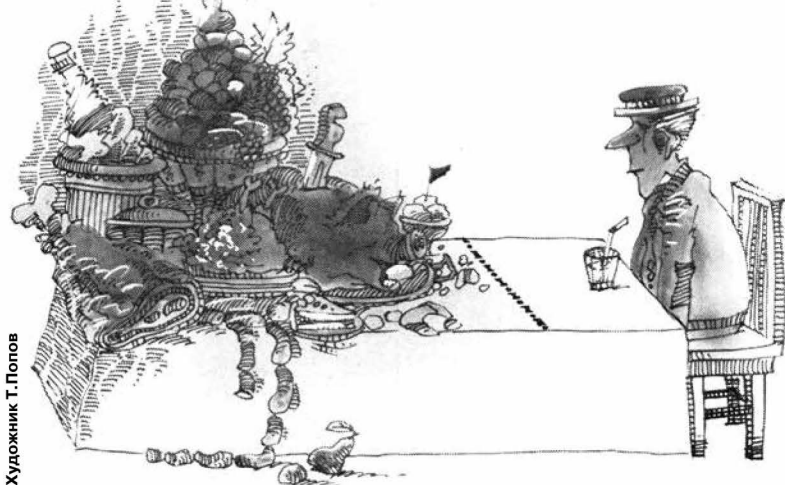
Несмотря на подробное описание преступления (скорее, именно вследствие многословной детализации), невозможно верить в правдивость рассказа. Безусловно, только ничего не понимая «ни в химии, ни в медицине», подсудимый мог утверждать, что он приготовил раствор ртути в серной кислоте. Как можно узнать из Химической энциклопедии, «ртуть не растворяется в разбавленной серной и соляной кислотах, растворяется в царской водке и в горячей концентрированной серной кислоте».

В последнем случае — при нагревании смеси ртути с концентрированной серной кислотой происходит окислительно-восстановительная реакция:



Образующийся сульфат одновалентной ртути  $\text{Hg}_2\text{SO}_4$  мало растворим как в воде (0,05%), так и в серной кислоте (от 0,01% до 0,03% в зависимости от концентрации последней). Но главное — токсичность солей одновалентной ртути, в отличие от металлической ртути и солей двухвалентной ртути, невысока. Более того, хлорид одновалентной ртути  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  (каломель) до недавнего времени использовался как антисептик. Вздобавок к низкой растворимости и невысокой токсичности этой соли вспомним о том, что давление паров солей ртути, в том числе и  $\text{Hg}_2\text{SO}_4$ , ничтожно. Таким обра-





## КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

### Роняйте еду на ковер

Лавры лауреатов Игнобелевской премии не дают покоя ученым. Еще в 2004 году свой нанограмм золота за изучение проникновения бактерий с пола на упавшую пищу получила Джилиан Кларк, студентка Чикагской высшей школы сельскохозяйственных исследований. Во время летней практики она для начала проверила загрязненность микрофауной полов в студенческом общежитии. Как ни странно, бактерий на сухих полах практически не оказалось. Более того, там даже спор не было. Поэтому прямой эксперимент с ронянием еды на пол поставить не удалось, и пришлось, как это принято при основании научного направления, обойтись модельными опытами.

Кларк купила в магазине кафельные плитки, заселила их кишечной палочкой и уже на такую подготовленную поверхность роняла выпечку и сладости, через пять секунд поднимала образцы и затем исследовала под электронным микроскопом. Оказалось, что кишечным палочкам вполне достаточно этого времени для освоения поверхности продуктов. При этом с гладкой плитки их переселялось больше, чем с шершавой.

Следующим был коллектив авторов из университета Клемсона в Северной Каролине в 2006 году. Они роняли на пол, предварительно обработанный препаратом с сальмонеллой, соус для спагетти болоньезе, и спустя пять секунд выдержки смотрели, сколько бактерий в нем оказалось. Плитка была наименее дружественной к еде: с нее в соус переползло 99% бактерий, с ковра — менее 0,5%, с деревянного же паркета — 5—68%. Авторы отмечают, что даже месячное пребывание на сухом полу не убило всех сальмонелл, намекая, что пищу с пола есть ни в коем случае нельзя. В отличие от первооткрывательницы эффекта, им удалось опубликовать статью («Journal of Applied Microbiology», 2007, 102, 4, 945—953).

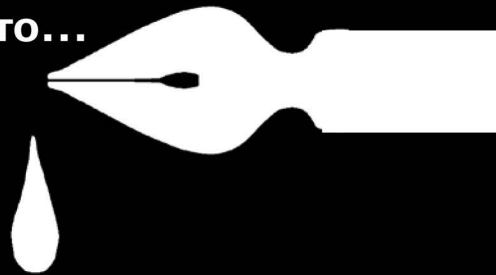
В том же году двое студентов Коннектикутского колледжа решили рискнуть и перейти от моделей к практике: они кидали конфеты и ломтики яблока на пол непосредственно в студенческой столовой и в закусочной. Результаты расходились с модельными данными: бактерии в заметном количестве появлялись на еде лишь спустя полминуты. Видимо, полы в их колледже столь же чисты, как и в общежитии, где свои исследования проводила Кларк.

И вот самое свежее исследование (агентство «AlphaGalileo», 10 марта 2014 года): британцы из университета Астона кидали на пол бутерброды, пищу, печенье и леденцы, а затем смотрели, сколько на них оказалось кишечных палочек и золотистых стафилококков. Данные северокаролинцев подтвердились: бактерии из коврового покрытия проникали на еду хуже всего. Но даже с ламината или плитки и даже на влажную еду бактерии перебирались более пяти секунд.

Конечно, отмечают авторы исследования, всегда надо помнить, что на любом подобранном с пола куске будет сколько-то бактерий. Но поговорка «быстро поднятое не считается упавшим» все-таки имеет научное обоснование.

С.Анофелес

Пишут, что...



...эксперименты с использованием широкополосного сейсмометра позволяют определить плотность метеоритного потока на Марсе, данными о котором ученые пока не располагают; это важно для будущих миссий с участием человека и для получения информации о популяции метеоритов в Солнечной системе в целом («Астрономический вестник», 2014, 48, 1, 13—23)...

...на хозяйственно-бытовые нужды на душу населения в России используется в 1,6 раза больше воды, чем в мире в целом («Известия РАН. Серия географическая», 2014, 1, 7—18)...

...во время летней жары 2010 года муравьи средней полосы перешли на режим фуражировки, присущий пустынным видам, поток фуражиров следовал за тенью деревьев, они на месяц раньше развернули систему колоний корневых тлей, сооружая над ними плоские крыши на открытых участках («Зоологический журнал», 2014, 93, 1, 92—107)...

...остаточные риски инфицирования вирусами СПИДа и гепатита С при переливании крови в Московском регионе на один-два порядка выше, чем во многих развитых странах, из-за более высокой инфицированности доноров («Гематология и трансфузиология», 2014, 1, 15—18)...

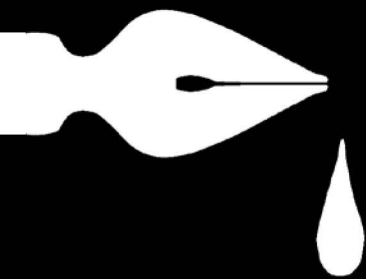
...тест на ВИЧ в слюне может быть так же чувствителен и специфичен, как и анализ крови («Клиническая лабораторная диагностика», 2014, 1, 13—15)...

...возможно, магниторецепция на основе оксидов железа у птиц происходит в лагене — структуре, гомологичной улитке внутреннего уха млекопитающих, — а полученная информация обрабатывается в вестибулярных ядрах головного мозга («Журнал общей биологии», 2014, 75, 2, 104—123)...

...в восприятии речи участвуют не только традиционные «речевые» области, такие, как зоны Брока и Вернике, но и участки коры головного мозга, которые отвечают за двигательную активность («Proceedings of the National Academy of Sciences USA», 2014, 21 апреля, doi: 10.1073/pnas.1323158111)...

...бактерии, обитающие в растениях, могут превращать ксенобиотики — чужеродные вещества, поступающие извне, в новые формы





химических соединений, опасность которых трудно оценить («Успехи современной биологии», 2014, 134, 1, 35—47)...

...анализ гиперспектральных данных, полученных при съемках с самолетов или космических аппаратов, позволит выявить посевы мака и конопли, в том числе смешанные с маскирующей растительностью («Исследования Земли из космоса», 2014, 1, 49—65)...

...генетическую предрасположенность к спортивной акробатике можно определить по дерматоглифическим узорам, в частности по дугам на подушечках пальцев ног («Успехи современного естествознания», 2014, 4, 49—51)...

...среднее время между первым представлением научной статьи в печать и опубликованием, по различным оценкам, составляет от двух до четырех с лишним лет («Международный форум по информации», 2014, 39, 1, 30—41)...

...превращение луга в лес начинается с одиночного дерева, чаще дуба, яблони или груши, семена которых приносят птицы и звери; затем дерево привлекает других животных как место отдыха и укрытия, и это ускоряет процесс («Бюллетень МОИП. Отдел биологический», 2013, 118, 4, 64—74)...

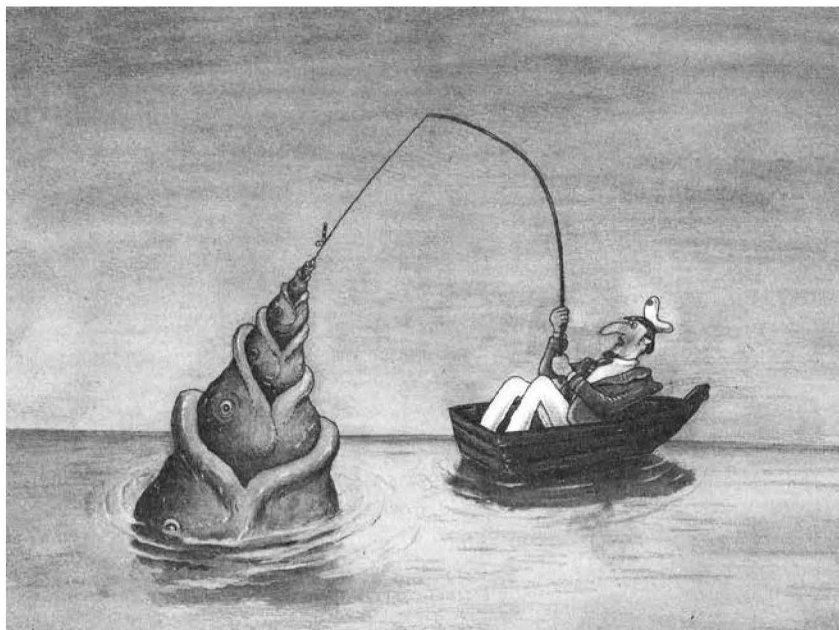
...использование золотоордынскими кочевниками фрагментов вышитой ткани с образами христианских святых, найденных в погребении в Калмыкии, дает представление о восприятии ими чужих сакральных символов («Российская археология», 2014, 1, 54—66)...

...Y-хромосома, определяющая принадлежность к мужскому полу, у млекопитающих возникла по крайней мере двумя независимыми путями («Nature», 2014, 508, 7497, 488—493, doi:10.1038/nature13151)...

...бородатые мужчины кажутся более привлекательными в выборке, где бородачи встречаются редко, и менее привлекательными среди большого количества бород; аналогичной закономерности подчиняется и привлекательность бритых мужчин («Biology Letters», 2014, 10, 4, 20130958, doi:10.1098/rsbl.2013.0958)...

...по Австралии продолжает распространяться жаба ага *Rhinella marina* из Центральной и Южной Америки, слишком ядовитая для местных хищников («New Scientist», 2014, 2966, 40—43)...

Художник А. Мюллер



КОРОТКИЕ ЗАМЕТКИ

## Следи за Твиттером

Распространение мемов — словесных выражений какой-либо идеи, шуток, афоризмов — в социальных сетях подобно вирусной эпидемии. Сравнение обогащается новыми красками, если вспомнить утверждение Ричарда Докинза, что некоторые идеи могут быть самыми настоящими вирусами сознания: внедрившись в человека, они в той или иной степени перестраивают его мироощущение, после чего человек сам становится разносчиком данного мема. И если он распространится достаточно широко, то может сделаться значимой частью общественной идеологии. За примерами далеко ходить не надо: это и легко укореняющиеся идеи об исключительности какого-либо народа или вероучения, и фрагменты альтернативной истории, и соображения о переустройстве мира. Очевидно, что властям предержащим стоит следить за возникновением и распространением некоторых мемов и вовремя предпринимать профилактические меры. Аналогичные задачи стоят и перед маркетинговыми службами, заботящимися о репутации компании или продаваемого ею товара. Исследователи из мадридского Университета Карлоса III с американскими коллегами из Йельского и Калифорнийского университета в Сан-Диего придумали способ, который поможет отследить возникновение вирусной эпидемии в Сети («PLoS ONE», 2014, 9, 4, e92413; doi:10.1371/journal.pone.0092413). Они установили, что у каждого пользователя службы коротких сообщений Твиттера имеется в среднем 25 друзей, а с учетом их друзей получается 422 человека, которые могут быть знакомы с мнением каждого из этой группы. Если следить за Твиттером одного из них, можно судить о распространении идей во всей группе. Получается как в материаловедении: в печьку для термообработки подкладывают образец-свидетель и потом, изучая его, судят о процессах во всем изделии. Оказалось, что достаточно набрать 50 тысяч таких свидетелей, и вирусную эпидемию идей можно предсказать. Причем не за часы до ее начала, а за недели, а то и месяцы! Именно так было, например, с испанскими волнениями движения 15 мая, или при обсуждении медицинской реформы Барака Обамы в США. Важно, что речь идет не о новостях, а именно об идеях, которые возникают в узком кругу, а потом начинают распространяться. «Мы стремимся лучше понять механизмы социальной мобилизации и определить, как высказанная кем-то идея становится популярной в глобальной аудитории», — говорит участник исследования Эстебан Моро Эгидо.

А. Мотыляев

«Химия и жизнь», 2014, № 5, www.hij.ru





Б.А.МАКАРОВУ, Волгоград: Удалить алюминиевое покрытие с обратной стороны зеркала было бы нетрудно, если б его не защищал слой лака; чтобы получить зеркальный узор на прозрачном стекле, проще пойти другим путем, например, купить зеркальную самоклеющуюся пленку.

В.П.КРАВЧУКУ, Санкт-Петербург: Слово «таннин» пишется как через одно «н», так и через два; оно происходит от французского *tanner* — «дубить кожу», но в заимствованных словах двойная согласная часто превращается в одну; когда-то употреблялся и вариант «танниды».

А.Л.ИЛЬИНОЙ, Балашиха: Взрослому человеку сложно найти место, где обучают ботанической иллюстрации, обычно такие курсы проводят для школьников и студентов биологических классов и вузов; попробуйте поискать мастер-классы в Интернете, не забывая, что преподаватель должен быть не только художником, но и ботаником.

Е.Н.МЕРКУШЕВОЙ, Томск: Противовирусное действие оксолиновой мази, как и некоторых других лекарств, популярных в странах СНГ, подтверждено только практикой, и не доказано в рандомизированных сравнительных испытаниях.

А.К.ОСНОСУ, электронная почта: Термоусадочные этикетки в виде «рукава», которые надевают на бутылочки для соков и йогуртов или на пасхальные яйца, делают из различных полимеров, например из ПВХ.

Л.М., Москва: Лучший способ для начинающего химика расфасовать металлический натрий — обратиться за помощью к тому, кто уже делал это раньше; такой навык не стоит осваивать методом проб и ошибок.

Николаю КОНДРАТЬЕВУ, пос. Нижний Архыз: Новость в мартовском номере «Науки и жизни» про то, как железные амулеты в форме рыбок, сваренные в супе, помогают камбоджийцам от анемии, не розыгрыш, вот сайт проекта — <http://luckyironfish.com>; о том, насколько это помогает, конечно, можно спорить.

ВСЕМ ЧИТАТЕЛЯМ: В статье «Винная химия» в мартовском номере журнала за 2014 год *Brettanomyces bruxellensis* называли бактериями, тогда как на самом деле это дрожжи; приносим извинения за ошибку.



### Уважаемые любители фантастики!

Существует ли на Земле более удивительный и загадочный материал, чем медь — 29-й элемент в таблице Менделеева? Источник образования атомов меди — взрывы сверхновых звезд. Каждый такой атом, родившись в колоссальном гравитационном коллапсе, проделал путешествие в миллионы световых лет, чтобы попасть на нашу планету в момент ее формирования, либо позже, в виде метеоритов. Добывая медь, горняки имеют дело с самой настоящей звездной пылью, посланницей из далекого космоса.

Загадка меди волновала многих: и древних римлян, которые называли металл «купрумом» в честь райского острова — Кипра, и древних египтян, чей фараон Рамзес III подробно описал медные рудники в своем завещании, и древних ариев — укротителей огня, которые построили в Аркаиме первые в мире промышленные металлургические печи и выплавляли в них именно медь. А русский писатель Павел Бажов прославил малахит (окисленную медь) в своих великолепных сказах.

Свойства меди воистину фантастические. Медные трубы не лопаются при замерзании воды, на дверных ручках из меди бактерии погибают в течение двух минут. Практически это вечный материал — он не ржавеет, прекрасно проводит электрический ток и тепло...

Одним словом, медь вполне достойна того, чтобы стать «героем» фантастического рассказа. А потому Уральская горно-металлургическая компания объявляет литературный конкурс «Медный век» и приглашает писателей-профессионалов и любителей фантастики присылать свои произведения, в которых свойства меди раскрываются самым чудесным образом.

**Начало приема работ** — 15 апреля 2014 года, окончание — 1 августа 2014 года. Оргкомитет отбирает 40 лучших произведений и представляет их для оценки членам Жюри. 1 сентября 2014 г. на сайте УГМК ([www.ugmk.com](http://www.ugmk.com)) размещается список 15 произведений-победителей, которые будут опубликованы в печатном сборнике «Медный век». Из указанного списка председатель Жюри, известный писатель-фантаст Василий Головачёв, выбирает лучшее произведение конкурса. Каждый из победителей получает гонорар за публикацию 10 000 руб. и один авторский экземпляр сборника. Автор лучшего произведения получает дополнительно денежную премию 10 000 руб.

**Условия приема.** К участию допускаются ранее не опубликованные, написанные на русском языке произведения фантастического жанра объемом 30000—50000 печатных знаков (с пробелами), соответствующие тематике. От одного участника принимается не более 3 произведений. Безграмотные, неряшливо написанные тексты будут отсеиваться. Произведения не должны нарушать законов РФ и содержать ненормативную лексику. Высылайте произведения в виде вложенных файлов формата DOC на адрес: [promnadzor@yandex.ru](mailto:promnadzor@yandex.ru). В письме необходимо указать ФИО или творческий псевдоним автора, город проживания, контактный телефон и e-mail. Конкурсанты не могут подавать на конкурс чужие произведения, за исключением случаев соавторства.

Дополнительную информацию см. на официальном сайте УГМК: <http://www.ugmk.com/ru/press-center/meve>



Международная выставка  
химической промышленности и науки



# ХИМИЯ+



ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ



ХИМ-ЛАБ-АНАЛИТ




ХИММАШ. НАСОСЫ

21–24  
ОКТАБРЯ  
2014

12+

[www.chemistry-expo.ru](http://www.chemistry-expo.ru)  
[www.ica-expo.ru](http://www.ica-expo.ru)

Организатор:

 **ЭКСПОЦЕНТР**  
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНГРЕССЫ  
МОСКВА

При официальной поддержке:

- Министерства промышленности и торговли РФ
- Торгово-промышленной палаты РФ
- Российского Союза химиков
- ОАО «НИИТЭХИМ»
- Российского химического общества им. Д.И. Менделеева
- Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова



Реклама



# СИБУР

объявляет о проведении

## V-го Международного конкурса идей

**6 НОМИНАЦИЙ**  
в различных областях



**6 МИЛЛИОНОВ**  
рублей призового фонда

решения в области  
производства и применения  
полиэтилена высокого  
давления и полипропилена

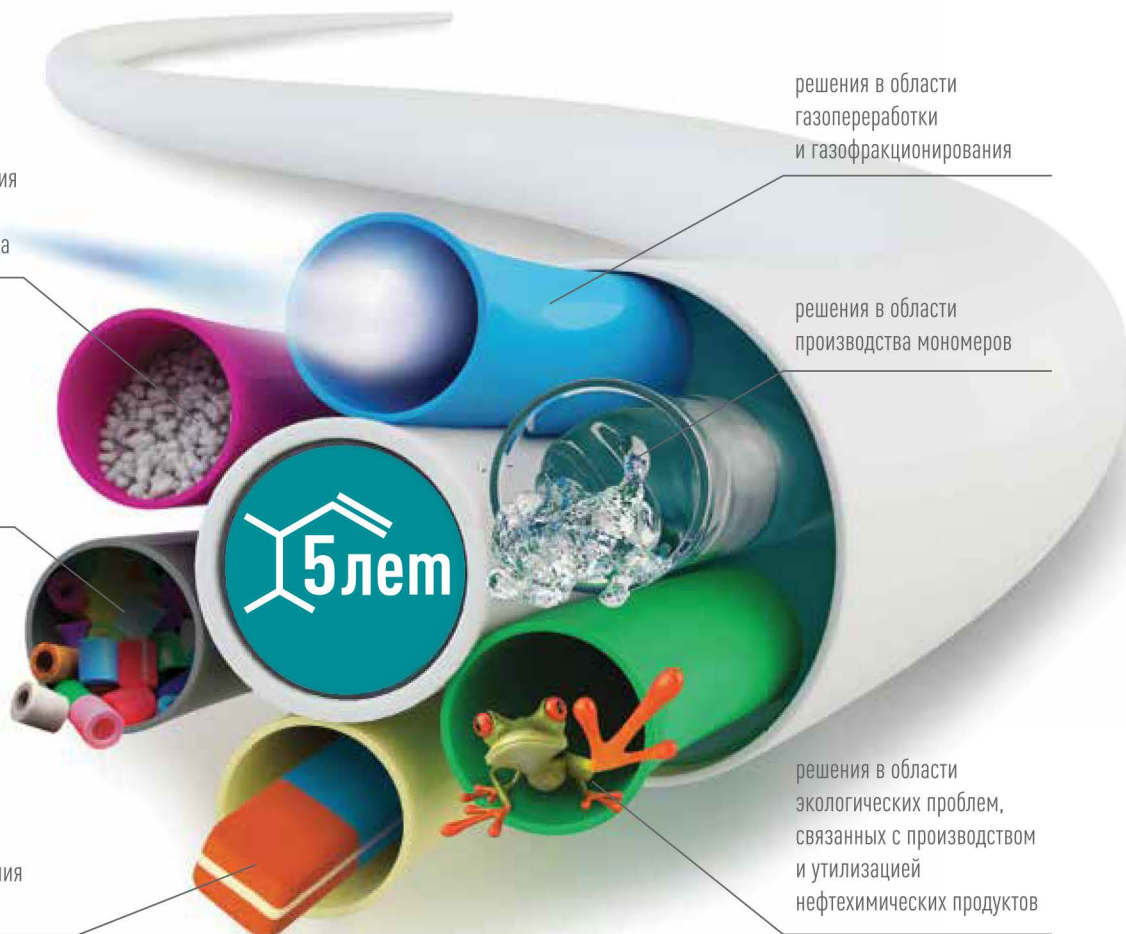
решения в области  
производства  
и применения пластиков

решения в области  
производства и применения  
синтетических каучуков

решения в области  
газопереработки  
и газофракционирования

решения в области  
производства мономеров

решения в области  
экологических проблем,  
связанных с производством  
и утилизацией  
нефтехимических продуктов



**I место – 500 000**

**II место – 300 000**

**III место – 200 000**

Прием заявок - до 31 октября 2014

Узнать подробнее о конкурсе  
и скачать заявку на участие Вы можете  
на сайте компании в разделе Конкурс идей

По всем вопросам конкурса можно обращаться к Елене Сергиенко (495) 777-55-00  
sergienkoea@sibur.ru



[www.sibur.ru/idei](http://www.sibur.ru/idei)

